

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：開會/實習)

## 複循環機組性能監診中心建置技術(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：104年7月9日至7月18日

報告日期：104年9月8日

## 出國報告審核表

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| 出國報告名稱：複循環機組性能監診中心建置技術(實習)          |  |  |
| 出國人姓名(2人以上·以1人為代表)                  | 職稱   | 服務單位   |
| 李亦堅                                 | 機械工程師  | 台灣電力公司   |
| 出國類別                                | <input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習<br><input type="checkbox"/> 其他 (例如國際會議、國際比賽、業務接洽) |  |
| 出國期間：104年7月9日至104年7月18日             |  | 報告繳交日期：104年9月8日  |
| 出國人員<br>自我審核                        | 計畫主辦<br>機關審核   | 審核項目   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>  | 1. 依限繳交出國報告  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>  | 2. 格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>  | 3. 無抄襲相關資料   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>  | 4. 內容充實完備  |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>  | 5. 建議具參考價值   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>   | 6. 送本機關參考或研辦   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>   | 7. 送上級機關參考   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>   | 8. 退回補正, 原因:<br><input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫<br><input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容<br><input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項<br><input type="checkbox"/> (4) 抄襲相關資料之全部或部分內容<br><input type="checkbox"/> (5) 引用相關資料未註明資料來源<br><input type="checkbox"/> (6) 電子檔案未依格式辦理<br><input type="checkbox"/> (7) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>   | 9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外, 將採行之公開發表:<br><input type="checkbox"/> (1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會), 與同人進行知識分享。<br><input type="checkbox"/> (2) 於本機關業務會報提出報告<br><input type="checkbox"/> (3) 其他  |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>   | 10. 其他處理意見及方式:   |

報告人  單位  主管處  總經理  
                    主管  主管  副總經理

- 說明：
- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
  - 二、審核作業應於報告提出後二個月內完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務報告資訊網為原則」。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：複循環機組性能監診中心建置技術(實習)

頁數 38 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：104.7.9~104.7.18

出國地區：德國

報告日期：104.9.8

分類/號目：

關鍵詞：氣渦輪機 (Gas Turbine)、複循環發電機組 (Combined Cycle Power Plant)、監測(Monitoring)、診斷(Diagnosis)、性能(Performance)

內容摘要：(二百至三百字)

「複循環性能監診中心」為整合相關技術之最大效益發揮，尤其對提升目前機組發電效率、即時量化分析運轉中燃料耗損量(環境、機組劣化、運轉模式等)等。目前國內欠缺具有大型發電氣渦輪機組分析監診技術，為期能落實建置複循環機組性能監診中心，以達到有系統性提升目前機組發電效率，赴國外具經驗廠家或電廠學習其施行多年之性能監診中心，有其必要性。因此本次出國實習「複循環機組性能監診中心建置技術」主要為吸收新知、整合目前已有技術之應用。

本次出國實習工作內容為：

- 學習 SIEMENS 公司性能監診中心建置架構:其公司性能監診中心之應用已運行多年，熟悉其架構可為未來擬建置之複循環機組性能監診中心，可達到事半功倍效益。
- 學習 SIEMENS 公司性能監診中心建置功能與效益: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監診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預警系統，赴國外實習相關技術，相互觀摩與學習對實質之性能監診中心建置助益甚大。

#### 實習心得總結報告為

本次實習複循環機組性能監診中心建置技術，藉由實地監診中心之觀摩實習及與技術人員技術之交流，可充分了解與學習建置複循環機組性能監診中心之架構、技術，由實習過程中所獲得之心得，比較目前公司若要建立複循環機組性能監診中心尚欠缺之架構與技術，以目前從事多年之複循環機組運轉狀態監測、性能分析診斷與改善所累積之經驗、監測系統、分析工具與技術，已可以建置功能性之機組性能監診中心。經與西門子專業團隊討論與經驗交流後，深感目前在公司部分機組已建置之性能監診技術皆有機組性能監診功能，實績上仍屬片段性功能，一樣的研究改善工作卻無法達到全面之機組效能改善與提升效益，僅能服務於消極性之機組事故

肇因分析、防範與改善，研究工作之技術提升與在公司之效益方面成長是與機組可用率成反比。積極面上，應整合目前已有技術建置機組性能監診中心，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。有效量化燃料使用成本中以上各項佔有比例，提升機組性能、電廠發電競價計算、或經濟性調度重要指標。

本次出國實習複循環機組性能監診中心建置之建議：

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，建議公司建置複循環機組性能監診中心，其功能：

- 複循環機組性能進行追蹤與記錄
- 機組發電成本影響因素量化
- 機組性能提升及電能安全與經濟調度

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

# 實習複循環機組性能監診中心建置技術

## 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       | 15   |
| 肆、參考文獻          | 18   |
| 附圖              | 19   |
| 附件              | 22   |

# 圖表目錄

## 圖目錄

|   |    |
|---|----|
| 圖 1 SIEMENS 監診中心資料流範例圖 .....                                    | 19 |
| 圖 2 通霄電廠 GT31、GT32 系統數位訊號 (Analog signal) 擷取人<br>機介面顯示圖 .....   | 19 |
| 圖 3 南部電廠 GT11、GT12 系統數位訊號 (Analog signal) 擷取 A/D<br>介面顯示圖 ..... | 20 |
| 圖 4 南部電廠一號機之 OPC server 資料擷取架構示意圖 ....                          | 20 |
| 圖 5 西門子公司之複循環機組分析模組架構示意圖 .....                                  | 21 |
| 圖 6 西門子公司開發之分析軟體(TDY)架構圖 .....                                  | 21 |

## 附件

|                        |    |
|------------------------|----|
| 附件 1 電廠之電能診斷與最佳化 ..... | 22 |
| 附件 2 性能監診中心之性能診斷 ..... | 28 |

# 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、事故肇因分析與改善建議、機組性能分析與技術諮詢工作，研究過程中建置分析改善之工具為必要之程序。獲得機組運轉數據訊號、重要參數計算分析皆為研究之過程，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，完成了多項即時線上運轉數據截取系統、遠端數據傳輸系統、性能分析計算軟體、以及即時線上機組性能衰退預警系統。如何整合相關技術為目前技術開發重點，因此本次出國實習「複循環機組性能監診中心建置技術」為整合目前核心技術之應用。

本次出國實習 SIEMENS 公司如何建置複循環機組性能監診中心，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，目前綜合研究所在複循環機組中已有多項技術研發成果，在通霄及南部電廠已陸續自行開發即時監測、分析與預警系統，赴國外實習相關技術，相互觀摩與學習對實質之機組性能監診中心建置能力助益甚大。



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。

主要對如何氣渦輪機組燃燒效能調校，進行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。

成果：完成南部電廠3號機燃燒穩定度與排氣NO<sub>x</sub>濃度最佳化調校。

(104年度)：複循環機組性能監診中心建置技術（本次出國實習之目的）。

主要對目前在複循環機組中已有多項技術研發成果，如何整合目前核心技術，進行如何建置複循環機組性能監診中心之應用。

目標：實習複循環機組性能監診中心之建置技術。

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   |
|------------------------|--------------------------------------|--|
| 7/9~10                 | 去程                                   |  |
| 7/10~13<br>(含2日<br>例假) | 西門子<br>Power<br>Diagnostic<br>Center | 學習 SIEMENS 公司性能監診中心建置架構:其公司性能監診中心之應用已運行多年，熟悉其架構可為未來擬建置之複循環機組性能監診中心，可達到事半功倍效益。    |
| 7/14~16                | 西門子<br>GT design<br>Center           | 學習 SIEMENS 公司性能監診中心建置功能與效益: 西門子利用監診技術配合其發展之性能調校技術為客戶服務，此應用技術在西門子之氣渦輪機已使用多年，目前綜合研 |

|         |    |  |
|---------|----|--|
|         |    | 究所在氣渦輪機監診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預警系統，實習討論相關技術,觀摩與學習性能監診中心建置。 |
| 7/17~18 | 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 July 2015.

Sincerely Yours truly,

Dr.I-Chien Lee

李亦堅

Energy Research Laboratory, TPC

84, Ta-an Rd., Shulin

New Taipei City, Taiwan 23847

R.O.C.

## 2. 本次拜訪實習經西門子同意後之內容

# SIEMENS

Siemens AG, PS PG RAS SBO 1, Siemensdamm 50, 13629 Berlin, Germany

### TAIWAN POWER COMPANY Mr. I-Chien Lee

Taiwan Power Research Institute  
84, Da-An Road, Shu-Lin Dist,  
New Taipei City 23847,  
Taiwan R.O.C.

Fax: 886-2-26822793

Name Horst Michaelis  
Department PS PG RAS SBO 1 1  
Telephone +49 (30) 386-57053  
Fax +49 (30) 386-21500  
Mobile +49 (172) 3049382  
E-mail horst.michaelis@siemens.com

Date June 2<sup>nd</sup>, 2015

### Letter of invitation

Dear Mr. I-Chien Lee,

We herewith invite you to participate in several meetings regarding Siemens AG Gas Turbine performance and diagnostic, which requires your visit in Berlin, Germany. This business trip is scheduled to be in July 2015.

As required by German law, we as inviting entity would guarantee to bear all costs that may incur to you during your stay in Germany, however, provided that you as individual become financially unable to pay for travelling, accommodation or medical treatment when payment is due and payable.

For convenience purpose, our affiliated company Siemens Limited Taiwan may assist you and provide necessary facilities as may be required by the relevant embassy in Taiwan.

We are looking forward to meeting you in Germany.

Sincerely yours,  
Siemens Aktiengesellschaft

  
Elisabeth Stübler  
PS PG RAS SBO 2 BA  
Commercial Manager Service Region Taiwan

  
Philipp Kramer  
PS PG RAS SBO 2 2  
Group Leader

Siemens AG  
Power Generation Services Division, Management: Randy Zwirn  
Power and Gas, Management: Craig Weeks

Siemensdamm 50  
13629 Berlin  
Germany

Tel.: +49 (30) 3461 0  
Fax: +49 (30) 3461 2125

Siemens Aktiengesellschaft, Chairman of the Supervisory Board: Gerhard Cromme;  
Managing Board: Joe Kaeser, Chairman, President and Chief Executive Officer, Roland Busch, Lisa Davis, Klaus Helmrich,  
Hermann Reuwardt, Siegfried Russwurm, Ralf P. Thomas  
Registered offices: Berlin and Munich, Germany; Commercial registries: Berlin Charlottenburg, HRB 12300, Munich, HRB 6684  
WEEE-Reg.-No. DE 23891322

SCF 10/2014 V13.06

Page 1 of 1

## 貳、實習項目與心得

本次實習主要瞭解西門子性能監診中心（Power Diagnostics Center）功能與效益，尤其針對複循環機組之性能監診架構、施作流程、分析工具、產出功能、客戶端服務項目...等等進行實習，其次，在實習過程中由西門子各專業領域之專家講授、討論與現場設備、系統之參觀，以獲得更多之性能監診中心功能與專業知識。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，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。由於本次出國時習之目的是為未來預建置公司之性能監診中心（Power Diagnostics Center）而準備，在本報告中為能在說明本次實習西門子監診中心所獲得之成果，將以目前研究開發之已有技術與西門子監診中心架構功能相對應說明，此報告可做為未來預建置性能監診中心之藍本。

由於台電公司為西門子發電事業部之重要客戶，此次實習西門子公司欲提供使用者進一步之服務與說明其能力與實績，由西門子能源部門與性能監診部門提供之重要文件（基於承諾部分文件敏感性不宜公開，報告文件以簡略圖表顯示，其文件如附件 1、附件 2）。

複循環機組性能監診中心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資料擷取、資料儲存、初步統計分析、進一步機組性能分析，專家系統（人與工具）對機組各組件性能分析、客戶端結果回饋、改善建議提供客戶端、該公司設

計部門或維護部門，進行不同需求之解決方案，其流程如附圖 1。其運作架構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。以下將依目前研究開發之已有技術與上述西門子監診中心資料流架構功能相對應說明：

#### 一、 資料擷取：

西門子：該公司監診之客戶主要以使用西門子機組為服務對象，資料擷取方法具單一性，西門子公司可透過該公司機組 T3000 控制系統之 WIN TS 進行遠端資料擷取工作。

目前技術：公司目前使用之複循環發電機組有 SIEMENS、MHI、ALSTOM、GE 等廠家，若直接洽購原廠資料擷取系統，將面臨採購費用龐大、資料擷取功能受限、系統維護不易(原廠技術無法掌控，自主性不夠)等缺點，若資料擷取不完整將影響監診中心功能，若資料擷取斷訊將使監診中心無法運作。基於此，目前擁有技術為依不同機組之控制系統架構，採用不同方式進行資料擷取與傳輸，分別為：

1. System I/O DAQ：直接進行系統數位訊號 (Analog signal) 擷取，由電廠儀資人員協助 I/O 介面訊號之提供與接線，在經由資料轉換(A/D)、人機介面顯示、電腦儲存。此技術目前

開發完成與使用之實績為南部電廠 GT11、GT12、通霄電廠 GT31、GT32，如圖 2、圖 3 所示。

2. 原廠資料擷取系統：由原廠額外提供資料擷取系統架構於 Microsoft OS 作業系統下，藉由 Active X 擷取機組運轉數據，此方法目前應用於下 ALSTOM DEPP 系統，通霄電廠 GT41/42/43、GT51/52/53 機組皆採此方法。
3. OPC( OLE of the Process Control)：屬一種工業用資料交換標準協定與系統，可在各系統間進行資料傳輸，目前各家機組之控制系統皆支援 OPC 功能。此技術目前開發完成與使用在南部電廠 1 號複循環機組 GT11/GT12/HRSG，如圖 4 所示。

在本次監診中心建置實習中，資料擷取部分應能驗證目前技術無問題，由其是針對公司使用之機組。此部分另一收獲為 GT 機組之截取參數種類與數量，在實習過程中得知原廠對機組運轉參數截取之種類與數量，可由專業之判斷知其分析之項目與功能，對建置監診中心之分析功能模組建立幫助頗大。

二、分析模組：此部分為性能監診中心（Power Diagnostics Center）之專業核心技術，西門子監診中心在系統中建置數百種分析模組，其開發技術與功能來自設計部門、監診中心、現場機組等專業人士之專業與經驗，此次實



習後心得，可將其分析模組概分為 2 類：由擷取資料以歸納法建立機組異常警示模組(統計歸納法)，與由擷取資料以理論分析（物理演繹法）機組性能與特性。此兩類產生之功能亦略分為二階段程序進行監診，前者較不具物理專業技術性，在監診程序中為第一階段分析判斷；而後者為需經物理專業背景之專家研究判斷。此部分在監診中心之運作中非常重要，亦是建置監診中心之功能與效益是否張顯重要部分。此次實習中了解過多使用統計歸納法模組分析(經驗法則)與過分依靠軟體分析結果是無法根本解決問題，分析結果須經物理特性專業之判斷才能獲得正確答案。圖 5 為西門子監診中心之複循環機組分析模組架構示意圖。西門子公司監診中心之團隊依職掌不同主要分為兩大子系統，分別為：

- 一、 監診中心團隊(Power Diagnostics Team)：主要執行 Power 監診中心運作，負責工作為 Data Acquisition、Data Processing、Data Analysis、Deviation Analysis、Root Cause、Configuration Expert，此部分負責資料分析與使用統計歸納法模組分析
- 專家群團隊(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，前者監診中心團隊處理即時數據收集與處理數據分析，後者專家群團隊處理後續之分析診斷(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，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監診中心建置應用有關者，為其分析軟體(ThermoDY Diagnostic & Simulation)，簡稱 TDY。此軟體為其核心分析系統，在其他相關應用分析工具中可看出大部分以此 ThermoDY 為主架構進行推展應用，實習中問及是否能引進此分析軟體回公司，但 ThermoDY 僅在西門子公司內部使用，基於該公司智慧財產，無法對外販售。經詢問雖然目前市面上亦有相類似分析軟體，但實際能反映機組特性的很少，尤其西門子公司專家強調分析軟體之結果僅是提供分析診斷人員判斷的依據之一。分析軟體之結果不會永遠是正確的，專業之判斷才能正確反映機組特性。因此，此次實習中得之在監診中心核心分析系統最重要的兩項依序為：人（資料處理人員、專業人士）與分析工具軟體（例如 ThermoDY）。因此以目前已有架構與技術上，依實習心得比較建置監診中心之成熟度

人：監診中心最重要部分。西門子公司以獨立之監診中心運作，配有專職資料處理人員、及熟悉機組具有深厚理論背景之專業人士運作。目前公司並無此組織架構，若要建置估計應要有 3~5 年之人員技術建立。

監診中心架構：西門子公司在其機組控制系統 T3000 中皆有遠端連線資料傳輸功能（其它 MHI、ALSTOM 廠家亦相類似），原廠皆能進行性能監診，若使用原廠提供之架構，每年花費付原廠使用費高昂且技

術較受原廠控制，長期而言較不利。若自行建置，目前公司複循環機組有 SIEMENS、MHI、ALSTOM 等不同廠家，硬體架構之建置需具共通性特點，以目前在電廠（南部電廠 SIEMENS、通霄電廠 ALSTOM）已經架構之監測系統架構（System I/O DAQ、原廠資料直接擷取系統、OPC）技術上足以應付，在足夠人力配合下，若要建置估計應要有 2 年之系統架構匯集資訊至監診中心與實際資料流分析運作。

分析工具軟體：監診中心除了「人」之最重要外，其次分析工具之開發與應用是長期發展重要資產，西門子公司 ThermoDY 分析工具為一功能非常完整與強大分析工具，此分析軟體僅為西門子公司內部使用。（如圖 6 所示），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。

TDY 架構包括：TDY online、TDY validation、TDY offline、TDY 應用。TDY online 為 TDY 前端模組功能，主要包括：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）。主要程序包括：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。TDY offline 離線分析計算主要為處理需較複雜理論分析與計算工作。TDY 應用為將 ThermoDY 應用在不同領域。

目前本人開發之氣渦輪機組效能分析軟體(GTTDA, Gas Turbine ThermoDynamics Analysis)亦為以此原則設計完成並修改應用於 SIEMENS 及 ALSTOM 機組，軟體架構包括：

- Air Intake and Filtration System 進氣系統
- Air Compressor 壓縮系統
- Combustor 燃燒系統

- Turbine 效能
- GT 出口狀態
- GT 效能
- 機組運轉期望值與經濟性分析

軟體分析模組包括：

GT 性能分析, 主要分析項目有

#### 1. 空氣分析

--- 乾/濕空氣成分分析

#### 2. 燃料分析

--- 燃料成分分析

--- 真實氣體壓縮率分析

#### 3. 燃燒分析

--- 計量燃燒分析

--- 過剩空氣燃燒分析

--- 煙氣成分燃燒分析

--- 氮氧化物/未燃碳濃度分析

#### 4. 熱/功分析

--- Thermodynamics 分析

#### 5. 負載效率分析

--- GT 及組件功 能及效率分析

#### 6. 機組性能分析

--- GT 整體分析

目前將 GTTDA 分析軟體擴展成 CCTDA (Combined Cycle ThermoDynamics Analysis)。

此次實習中了解，目前自行開發使用之 GTTDA 分析軟體相對於西

門子公司開發之 ThermoDY，分析核心架構與理論是相符的，但在工具模組遠不及 ThermoDY 多，在此次實習中又多獲悉數項 ThermoDY 功能模組，此可為未來擴充 GTTDA 分析軟體功能模組之項目，亦為此次實習重要收穫。為因應建置監診中心而開發之 GTTDA 分析軟體大致已涵蓋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

- 本次出國實習複循環機組性能監診中心建置技術之結論：

實習心得總結報告為

本次實習複循環機組性能監診中心建置技術，藉由實地監診中心之觀摩實習及與技術人員技術之交流，可充分了解與學習建置複循環機組性能監診中心之架構、技術，由實習過程中所獲得之心得，比較目前公司若要建立複循環機組性能監診中心尚欠缺之架構與技術，以目前從事多年之複循環機組運轉狀態監測、性能分析診斷與改善所累積之經驗、監測系統、分析工具與技術，已可以建置功能性之機組性能監診中心。經與西門子專業團隊討論與經驗交流後，深感目前在公司機組建置之性能監診技術皆有機組性能監診功能，實績上但皆屬片段性功能，一樣的研究改善工作卻無法達到全面之機組效能改善與提升效益，僅能服務於消極之機組事故肇因分析、防範與改善，研究工作之技術提升與在公司之效益與機組可用率成反比。整合目前已有技術建置機組性能監診中心，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。有效量化燃料使用成本中以上各項佔有比例，提升機組性能、電廠發電競價計算、或經濟性調度重要指標。

機組性能監診中心功能：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。

本次出國實習複循環機組性能監診中心建置技術之建議：

經複西門子實習複循環機組性能監診中心後，比較目前公司已有的技術與實績，建議成立複循環機組性能監診中心，其功效為：

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. 機組性能提升及電能安全與經濟調度：監診中心人員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 technology, SIEMENS

Plant diagnostics and optimization in a competitive market, SIEMENS

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

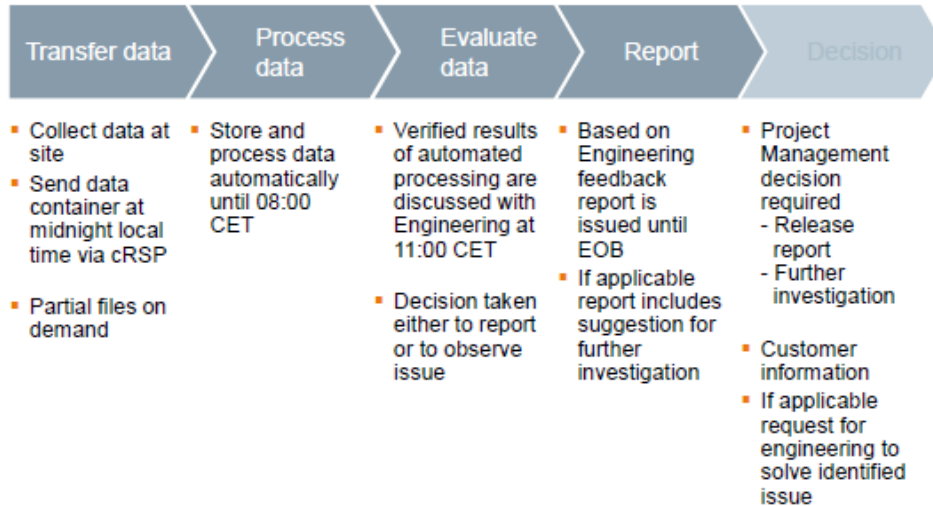


圖 1 SIEMENS 監診中心資料流範例圖

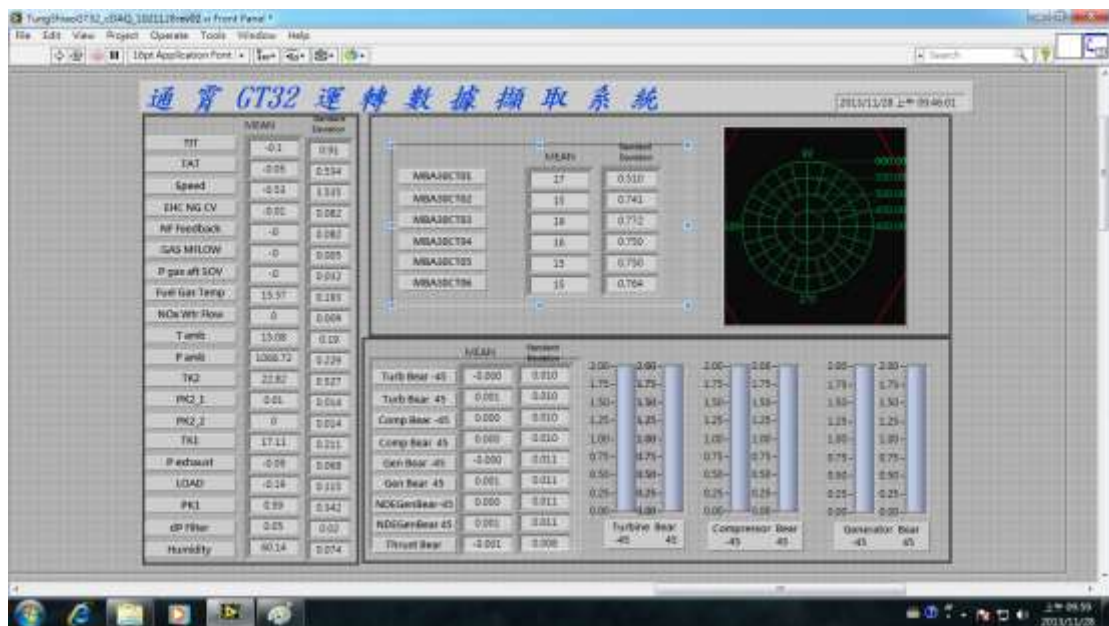


圖 2 通霄電廠 GT31、GT32 系統數位訊號 (Analog signal) 擷取人機介面顯示圖



圖 3 南部電廠 GT11、GT12 系統數位訊號 (Analog signal) 擷取 A/D 介面顯示圖

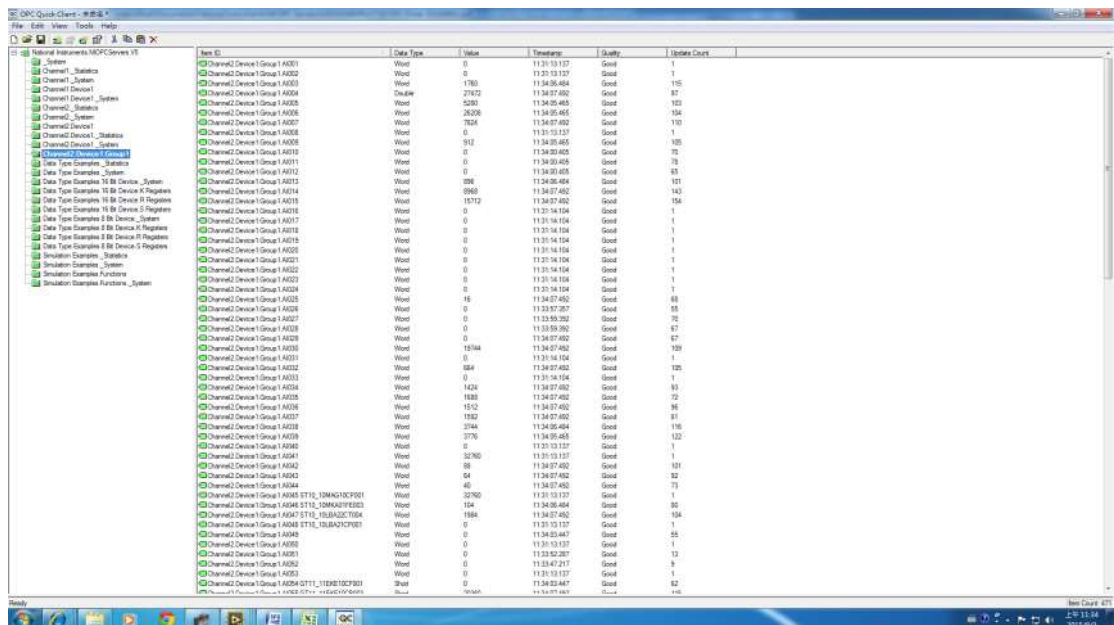


圖 4 南部電廠一號機之 OPC server 資料擷取架構示意圖

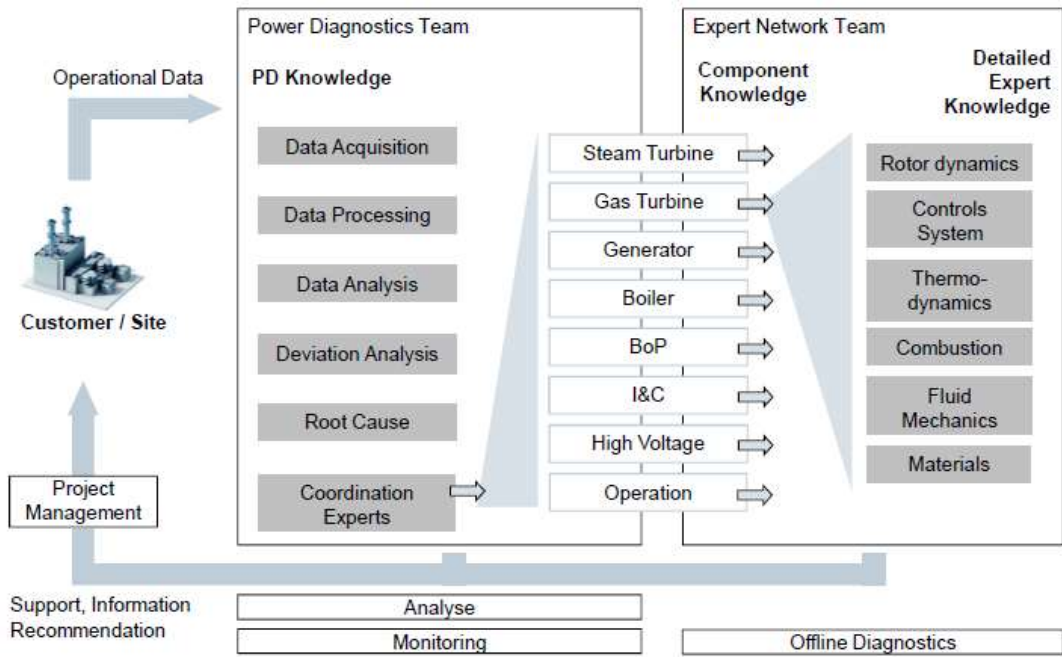


圖 5 西門子公司之複循環機組分析模組架構示意圖

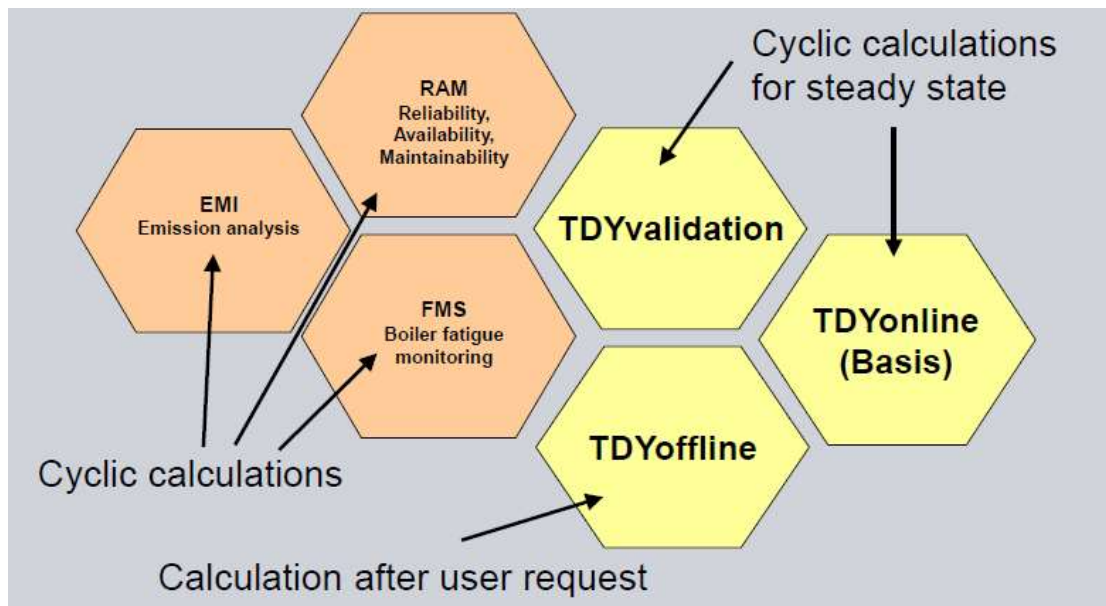
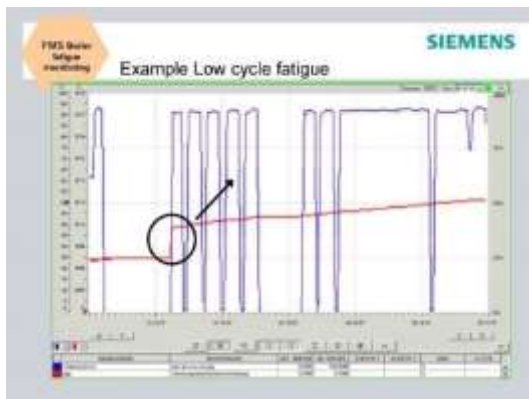
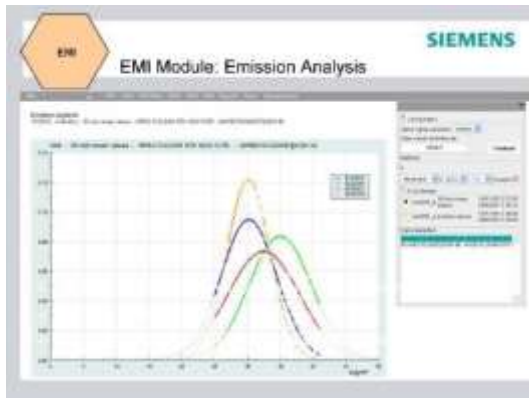


圖 6 西門子公司開發之分析軟體(TDY)架構圖

# 附件 1 電廠之電能診斷與最佳化



- 
- FMS Suite SIEMENS
- Customer benefits
- Transparency in relation to impact of operating mode on residual life
  - Detection and prevention of high-wear operating modes
  - Optimum selection of point in time for requisite overhaul and inspection
  - Capability of what-if scenarios (FMSoffline)
  - Utilization of component material reserves
  - Cost-effective in-service monitoring and analysis
  - Integrated into „T3000“



**FMS Data fatigue monitoring**

### Fatigue Monitoring System (FMS)

Low cycle fatigue (cycling, start-up, shut-down)  
Creep fatigue (operation above creep recovery temperature)


Calculation of fatigue and remaining life time (DIN EN 12952)

- Economizers
- Piping
- Drums
- Headers
- Separators



**TDYoffline**

### TDYoffline – max. ratio of $P_{el}/Q_{DH}$



**TDYoffline**

### TDYoffline

What-happens-if calculations

Considered variants:

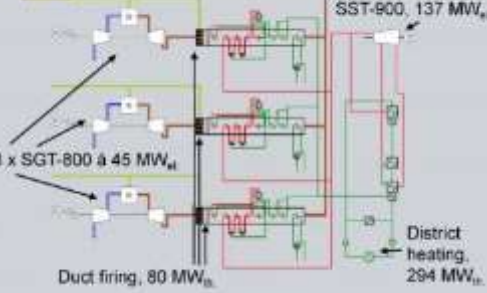
- Calculation of possible district heat extraction for given load level of GT and duct firing (DF)
- Calculation of GT and DF load level for given district heat extraction and given number of GTs in operation

Customer benefit:

- Sensitivity analysis for different parameters
- Load dispatch, e.g. for next day
- Determination of optimum operational conditions

**TDYoffline**

### Power plant 'Rya' in Gothenburg (Sweden)



3 x SGT-800 à 45 MW<sub>el</sub>  
Duct firing, 80 MW<sub>th</sub>  
SST-600, 137 MW<sub>el</sub>  
District heating, 294 MW<sub>th</sub>

**TDYoffline**

### Power plant 'Rya' in Gothenburg (Sweden)

Commissioning: 2006  
EPC contractor: Siemens AG  
Operator and owner: Göteborg Energi AB

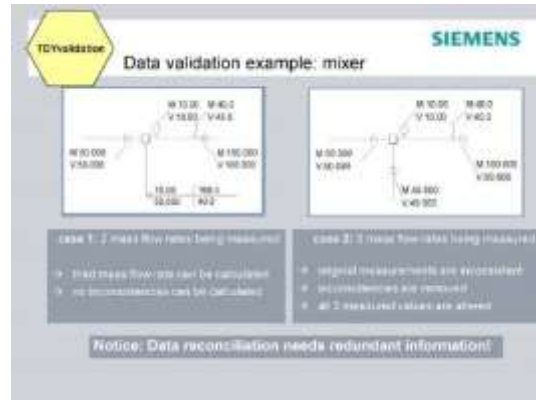
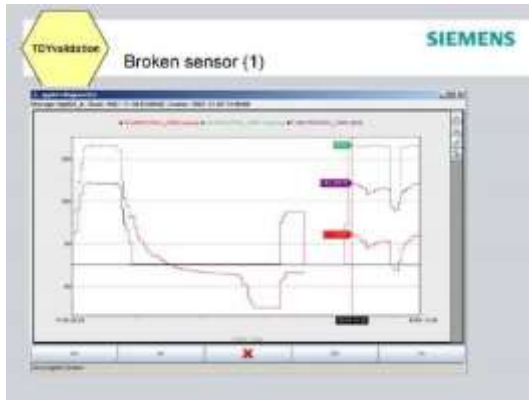


**TDYoffline**

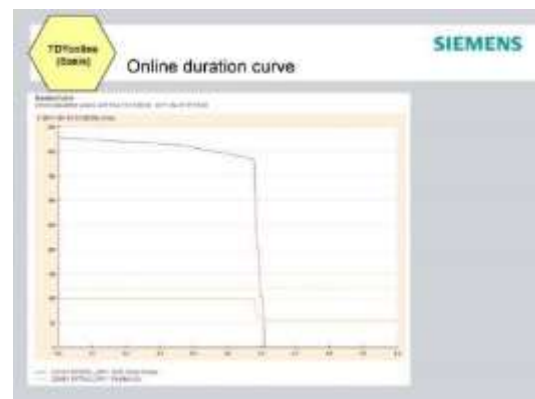
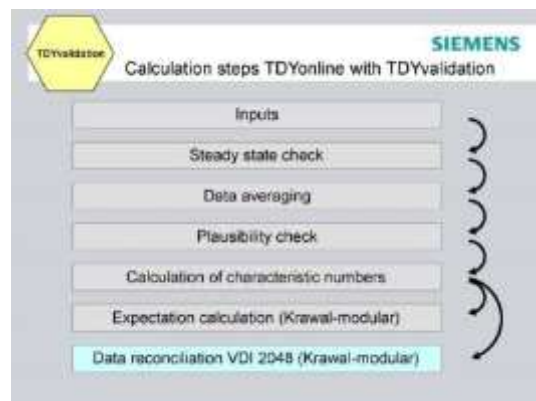
### Broken sensor (Z)

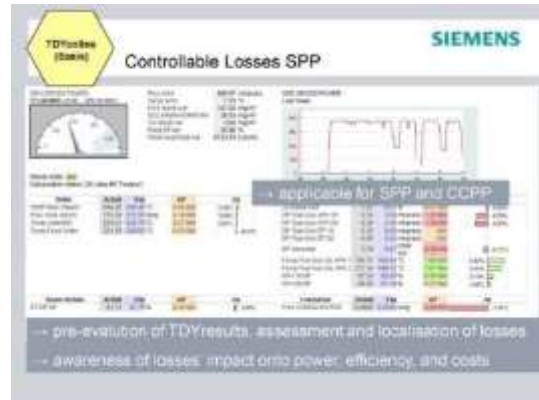
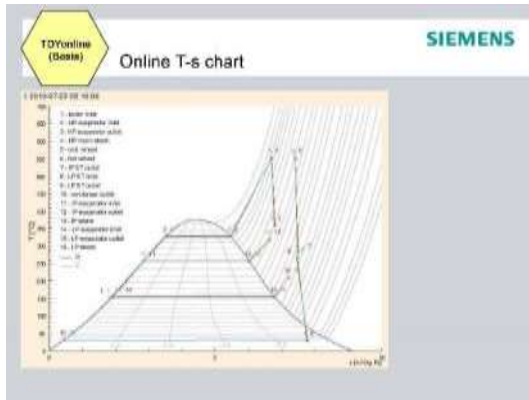
Priority: Result: none performed at: 2014-10-01 00:00:00

| id             | description            | unit | value 0 | value 1 | priority |
|----------------|------------------------|------|---------|---------|----------|
| TLSB00FV01_009 | F 00101010101010101010 | 01   | 317.27  | 234.44  | 0.00     |
| TLSB00FV01_008 | F 00101010101010101010 | 10   | 50.76   | 52.20   | 0.00     |
| TLSB00FV01_004 | F 00101010101010101010 | 10   | 302.36  | 324.61  | 0.00     |
| TLSB00FV01_001 | F 00101010101010101010 | 01   | 47.82   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_005 | F 00101010101010101010 | 01   | 726.27  | 726.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_002 | F 00101010101010101010 | 01   | 760.00  | 760.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_006 | F 00101010101010101010 | 10   | 348.53  | 348.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_003 | F 00101010101010101010 | 10   | 5.45    | 5.28    | 0.00     |
| TLSB00FV01_007 | F 00101010101010101010 | 10   | 311.90  | 348.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_000 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_003 | F 00101010101010101010 | 10   | 348.53  | 348.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_008 | F 00101010101010101010 | 01   | 726.27  | 726.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_009 | F 00101010101010101010 | 01   | 760.00  | 760.00  | 0.00     |
| TLSB00FV01_004 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_005 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_006 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_007 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_008 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_009 | F 00101010101010101010 | 10   | 242.56  | 232.77  | 0.75     |
| TLSB00FV01_000 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_001 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_002 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_003 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_004 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_005 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_006 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_007 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_008 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_009 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |
| TLSB00FV01_000 | F 00101010101010101010 | 01   | 48.00   | 48.00   | 0.00     |

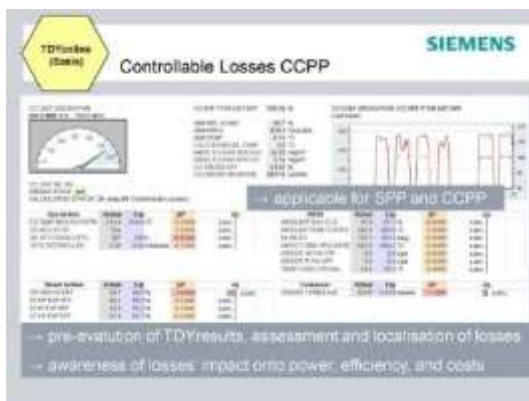


- TDYvalidate** **TDYvalidation – data reconciliation** **SIEMENS**
- Inconsistency of measurements
  - Consideration of individual confidences
  - Calculation of validated values acc. to VDI 2048 (Krawal-Modul)
    - by considering all physical balances of the whole model
    - by minimizing the sum of error squares
  - Increased reliability of the results by satisfying all balance equations
  - **Customer benefit:** Check for sensor quality by comparison of measured and validated values
  - **Requirements:** Redundant measurements!

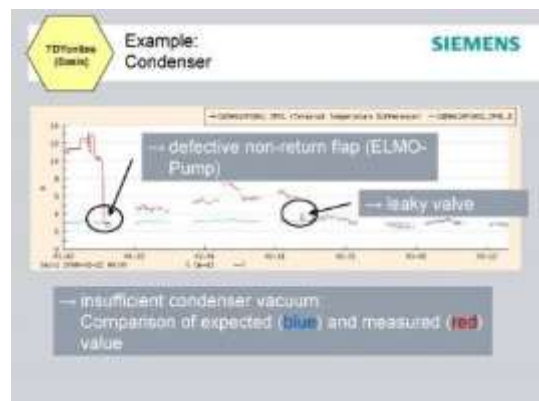




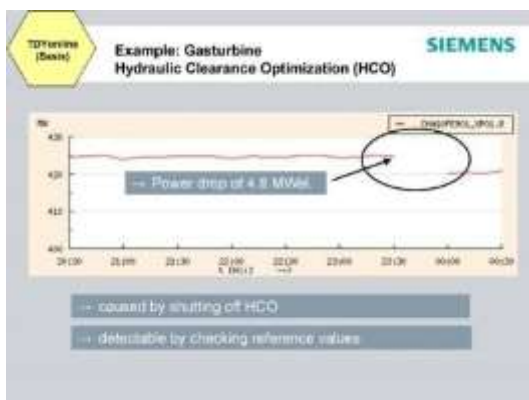
→ pre-evaluation of TDY results, assessment and localisation of losses  
 → awareness of losses: impact onto power, efficiency, and costs



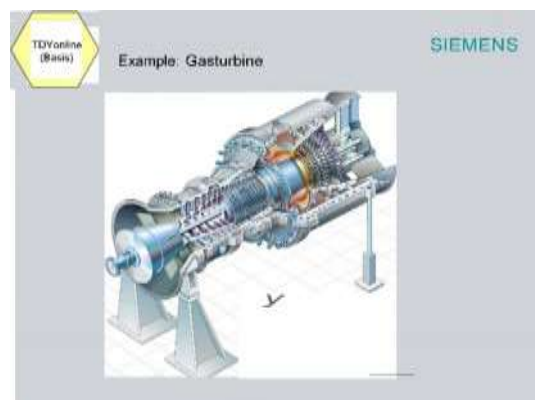
→ pre-evaluation of TDY results, assessment and localisation of losses  
 → awareness of losses: impact onto power, efficiency, and costs



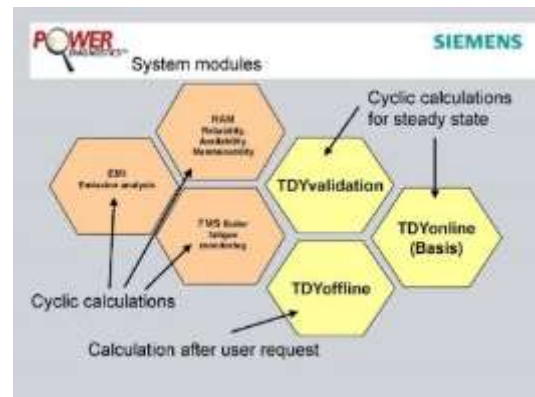
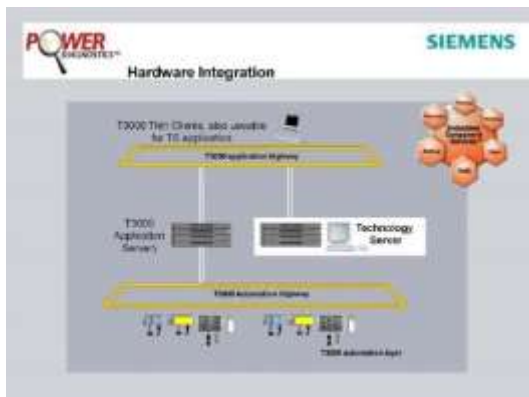
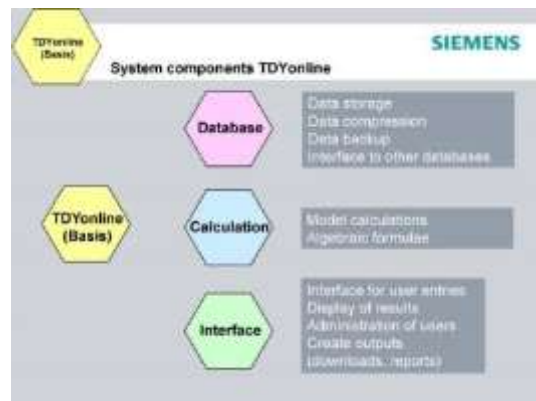
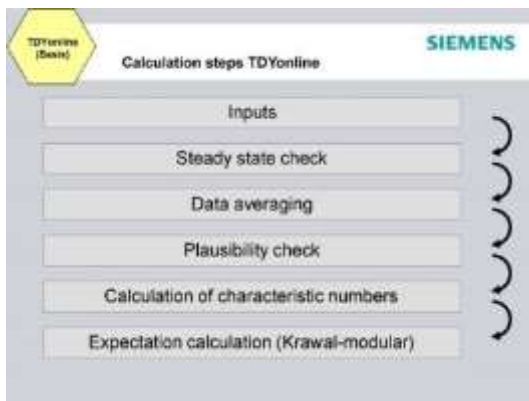
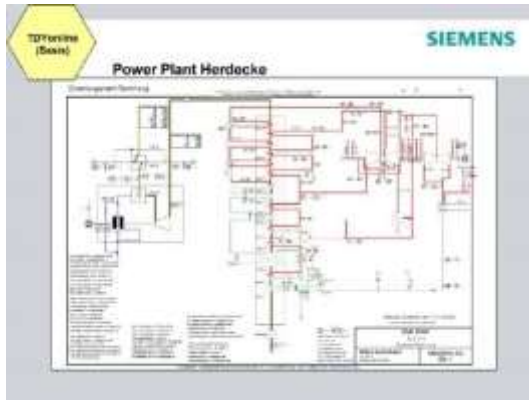
→ insufficient condenser vacuum. Comparison of expected (blue) and measured (red) value



→ caused by slitting of HCO  
 → detectable by checking reference values









## 附件 2 性能監診中心之性能診斷



Restricted © Siemens AG 2015. All rights reserved.

### Power Diagnostica™ Charter

**What**

- Collect, Analyze and Store Data

**Why**

- Facilitate Informed Decisions
- Operational
- Root Cause Analysis
- Design

**Result**

- Avoid Forced Outages
- Informal or Fading Instrumentation
- Identification of Operational Issues
- Early Detection of Hardware Issues
- Shorter Outage Duration
- Focused Inspections
- Advanced Understanding of Resource Needed (Parts, Tools, Personnel)

### Power Diagnostica™ Centers

### ADS - Advanced Diagnostic System

Quality, Speed, Productivity Improvement

**Cased Based Reasoning**

- Facilitate root cause analysis and measure definition in PDC and engineering
- 15% to 25% productivity increase (PDC and Engineering)
- Up to 10% faster analysis
- Higher quality due to data combination
- Increased value proposition for customers

**Advanced Analysis and Detection**

- Automated analysis of different data source
- Fast and flexible toolbox

ADS as integrator of diagnostic technologies & Enabler for SAMS

### Power Diagnostica

Diagnosics Experts and Technology Ownership

### Data Analytics to improve Reliability / Availability

**The Analysis of Power (TAP)**

- 4 O&M Bucklers replaced PT 14
- 2x Layers of Output Filter: 1x Improvement of Pulse Modulation, 1x Parasitic cure adjustment
- Fuel charge level improvements
- Leverage of Valve opening periods with case in valves: Change of Pulse frequency (not during charge event)

**Extended Service times to full load**

- Monitoring of high resolution signals e.g. IGV closing time
- Modules for AOC tested and validated. She has been verified about timing, important checked for load change, at risk fuel

| Item | Value |
|------|-------|
| ...  | ...   |

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

### Power Diagnostic Generate Operating Feedback Log (SOFL)

**Work process**

1. Data collection from ITC Systems  
2. Data collection from Project Manager  
3. Check and create report topics  
4. Review information of data sets of SOFL  
5. Generate report (customer review)

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

### Communication Process

**Feedback Report**

The content of the report is to summarize detailed and essential information for an individual unit, or group of units, covered together. The report includes information for the closest month, the last 12 months, since the last inspection, also since the previous 23 consecutive data collection checks. In addition, the report is available to compare an individual unit with the entire fleet (in which case the "Error Last Inspection" column is removed from the report).

**Dashboard**

The purpose of the report is to compare a specific unit's Availability, Reliability, and Downtime Reliability with its respective fleet.

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

### Power Diagnostic Use Case

**Background**

Unit tripped on 19 June during start up but is back on line with a surge protection signal.

**Investigation on 19 and 20 June**

- 600 A available
- intermittent effect
- nothing compared to normal ITC
- no abnormal or error trace
- Component work

Customer request reached Siemens 27 June  
- Your test plan will be fully approved.

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

### Power Diagnostic Monitoring Workflow

Customer site: Smart Data Transfer, Data upload (weekly or daily), Device response (minutes or), Data transfer to FACTS, Data transfer to Reporting, Report generation, Report delivery.

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

### Data Analytics to Improve ...

#### Reliability / Availability

Analyze operational behavior, determine root cause and suggest improvement measures.

Taiwan Power Station  
1 year without trip

#### Power / Efficiency

Calculate performance indicators and determine potential optimizations.

Performance consulting helps to increase efficiency.

Taiwan Power Station  
Long Term ITT simulation

Author: Siemens AG/© Siemens AG 2019

**Focus of data analytics is changing from description of past to decision support**

SIEMENS

**Examples for Innovation**

|  |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
| Advanced Sensors<br>- Low Cost, Wireless<br>- Smart, Scalable              | ThermoDynamic Diagnostic & Simulator (TDS) | Automated Control Optimizer          |
| Data Integration<br>- Common Knowledge<br>- Multiple Databases<br>- Secure | Multiple Sources Automated Trend Analysis  | Siemens Advanced Maintenance Service |
| - Specialty Metrics<br>- Online Monitoring                                 | Pattern Recognition                        |                                      |
|  | Cost Based Forecasting                     |                                      |
|  | Trip Avoidance Project                     |                                      |
|  | State Estimator & Advanced Rule Base       |                                      |

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 10

The voice of the customer ...

SIEMENS

Joe Galspastor  
CEO Energy Electric of Taberna

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 11

**Data Analytics Innovation to support ...**

SIEMENS

**Increase Performance**

- Efficiency
- Power
- Reliability
- Availability

**Reduce Cost**

- Fluctuate
- Operate
- Fluctuate
- Maintainance

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 12

**Power Diagnostics™ Monitoring Workflow**

SIEMENS

**Operate Data**

- Collected data at site
- Send data container at midnight local time via cRSP
- Partial files on demand

**Process Data**

- Store and process data automatically until 06:00 CET
- Decision taken whether to report or to observe issue

**Evaluate Data**

- Verified results of automated processing are discussed with engineering at 11:00 CET
- If applicable report includes suggestion for further investigation

**Report**

- Based on Engineering feedback report is issued with ICCB
- If applicable report includes suggestion for further investigation
- Customer information
- If applicable request for engineering to solve identified issue

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 13

**Power Diagnostics™ Reporting Overview**

SIEMENS

**Init**

- OT Issue Reports
- Data Quality / Reliability / Notifications

**Action**

- OT Monthly Report
- Siemens Operating Feedback Log (SOFL)

**Sign**

- Executive Report (Quarterly)
- Total Maintenance Services (TMS) Report (Quarterly)

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 14

**Power Diagnostics™ Our Fleet and Processed Data**

SIEMENS

**640 Units**

- 434 Gas Turbines
- 106 Steam Turbines

**478 Programs**

- 410 LTP
- 01 GEM
- 70 None

**Regions**

- 209 North America
- 36 Latin America
- 125 Europe / Africa
- 75 Asia-Pacific
- 65 Middle East

**Data Processing**

- 1500+ Databases
- 11,000+ Unique Malfunctions
- 150,000+ Sensors Monitored Daily
- 3.6 Million Sensor Hours/Daily Processed
- 3+ Testcases in PRCO2

© Siemens AG 2014. All rights reserved. Page 15



### Power Diagnostics™ The Evolution

SIEMENS

**In The Beginning**

- || Long Term Trending
- || Few Units & People
- || No Process, No Tools

**Significant Changes Over The Years**

- || Increased Monitored Fleet
- || Built up an Organization
- || Developed the Process
- || Tool Development (R&D)
  - || Time Series Database
  - || Rulebase – Expert System
  - || PowerFox, PowerMonitor

| Year | Number of Units |
|------|-----------------|
| 2007 | 25              |
| 2008 | 50              |
| 2009 | 75              |
| 2010 | 100             |
| 2011 | 125             |
| 2012 | 150             |
| 2013 | 175             |

**North America, Latin America**  
 – Europe/Africa, Asia Pacific, Middle East

### Remote Diagnostic Services Contact page

SIEMENS

**Market Center:**  
 Power Diagnostics & gTACTS Operations  
 PS PG PLF ITM 3  
 Höttinghofstraße 88  
 D-49475 Mülheim  
 Phone: +49 (0)20 455-4027  
 Fax: +49 (0)20 455-8124  
 Mobile: +49 (174) 1560500  
 E-mail: [matias.zinke@siemens.com](mailto:matias.zinke@siemens.com)

[siemens.com/powerdiag](http://siemens.com/powerdiag)

### Disclaimer

SIEMENS

This document contains forward-looking statements concerning performance – both operational and financial – as well as other data. These statements may be identified either in this or in other documents by the words “forecast”, “estimate”, “project”, “target”, “aim”, “objective”, “goal”, “intention”, “plan”, or “strategy”, or similar terms, or in the context of a “forecast”, “estimate”, “project”, “target”, “aim”, “objective”, “goal”, “intention”, “plan”, or “strategy”. These forward-looking statements are subject to various risks and uncertainties, including changes in market conditions, changes in regulatory requirements, changes in technology, changes in customer requirements, and other factors. The actual results may differ materially from those anticipated. The actual results may differ significantly from those anticipated. The actual results may differ significantly from those anticipated. The actual results may differ significantly from those anticipated.

Siemens makes no representation or warranty about the accuracy or completeness of any of the information contained in this document or any of the information contained in any of the documents to which this document refers. Siemens makes no representation or warranty about the accuracy or completeness of any of the information contained in this document or any of the information contained in any of the documents to which this document refers.

Siemens makes no representation or warranty about the accuracy or completeness of any of the information contained in this document or any of the information contained in any of the documents to which this document refers.