

出國報告（出國類別：實習）

# 大型汽(氣)輪發電機轉子系統 設計與監測

服務機關：台電電力修護處南部分處

姓名職稱：林恆山/振動研測課長

派赴國家：德國、瑞士

出國期間：97年10月02日~97年10月15日

報告日期：97年11月14日

QP-08-00 F04

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大型汽(氣)輪發電機轉子系統設計與監測

頁數 26 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：臺灣電力公司/人事處/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：林恆山/電力修護處南部分處/品質組/  
振動研測課長/(07)2510195 ext.271

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：97年10月02日~97年10月15日

出國地區：德國、瑞士

報告日期：97年11月14日

分類號/目

關鍵詞：低速平衡、高速平衡、振動偵測器、振動監測系統

內容摘要：(二百至三百字)

大型轉動機械由設計到運轉，所牽涉到的層面非常廣泛。對振測人員來說，了解轉機的組裝與測試，並掌握運轉下監測與診斷系統，將更能掌握現場複雜問題的處理。大型轉機出廠前，轉子平衡的優劣關係到後續運轉的安全；平衡包括了低速與高速平衡，製造廠如何掌握相關技術並進行測試，是目前在國內從事振測的人員亟思了解的要項。此次出國研習，有幸到德國 Schenck 平衡機製造工廠參觀並接受專人講習。在互動的過程，對低速與高速平衡機的製造與品質的掌握有著相當深入的認識。

即時監測與診斷系統，包含了現場的偵測器及振動訊號擷取與分析系統。目前國內大型轉機所使用相關的設備，幾乎都是由外國廠商所掌握(其中又以美國的 Bently 公司佔大部份)，在應用技巧與商品更替及價格上，也一直受到原廠的控制。此次的出國研習，有幸到德國 Brüel & Kjær Vibro 與瑞士的 Vibro-Meter 兩家公司。Brüel & Kjær Vibro 所開發的發電機組偵測器與分析系統，在德國的佔有率達到 90%。Vibro-Meter 的高溫偵測器，則是目前全世界渦輪發動機主要且唯一的供應商，她的監測與診斷系統，經實際測試後，軟體部份確實符合本單位的需求；硬體方面則更簡化，功能更完整。經此次研習，有關測試設備方面，由於可選擇的項目增多，更應思考如何建構最適合我們的系統了。

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

# 目 錄

	<u>頁數</u>
一、出國事由-----	4
二、出國行程-----	5
三、任務執行過程-----	5
1. 相關地理位置-----	5
2. 公司介紹-----	8
四、研習過程及內容-----	13
1. Schenck 公司研習-----	13
2. 德國 Brüel & Kjær Vibro 公司研習-----	16
3. 瑞士 Vibro-Meter 公司研習-----	20
五、研習心得-----	29
六、建議事項-----	29
七、返國座談會簡報資料-----	30

## 一、出國事由

從事轉動機械振動量測與診斷分析工作的人員而言，儀器設備與處置過程點的掌握，攸關最後的品質。長久以來，儀器設備的操作技術一直由國外儀器廠商主導。就以目前普遍使用的 Bently 廠牌而言，當早期還只是單純只研發與生產測試儀器時期，使用者很容易由 Bently 公司獲得許多重要的技術資料。但是當生產發電設備的 GE 公司併購 Bently 公司後，GE 公司的政策是冀望輸出原廠技師至各電廠，並且進而掌握備品與維修市場。發電設備使用者自行解決問題能力的提升，與 GE 公司的政策互相違背，因此 Bently 公司迅速修正以往的方針，並藉由儀器設備的淘汰換新與人員的更替，逐漸往 GE 公司的政策邁進。有關發電設備的相關技術，在美加地區已幾乎由 GE 與 Bently 公司完全掌握。就以接近亞洲但為美國屬地的關島來說，所有的發電設備已全由 GE 公司所掌握，台電公司只能輸出相對便宜的維修人力。台灣的 IPP 新桃與嘉惠兩電廠，也面臨同樣的情形。

高速轉子轉軸平衡品質的掌握，是振測人員解決振動問題的關鍵。這些轉子都在第一甚或第二臨界速度以上運轉，目前台灣只具備低速動平衡機，常常是轉子經過低速動平衡校正後，轉起來的振動值反而更大。這十年來一直都流於型式的在討論該不該興建高速動平衡機，每次的派員出國，也把參觀高速動平衡機列為重點項目。在此同時，台灣海峽對岸已發展出成熟的高速動平衡技術，也已是全世界最主要的汽輪發電機供應來源。她也賣給台灣許多便宜的低速動平衡機，每一個台灣的購買者都號稱擁有德國 Schenck 原廠輸出的設備。當我們把轉子送到這些工廠進行低速動平衡時，對這些平衡機的來龍去脈實在是一頭霧水。台電修護處也有 IRD 品牌軟支撐低速動平衡機，當進行大形汽輪機轉子的平衡工作時，考慮到設備的安全與穩定，通常平衡轉速控制在 200 至 300 rpm 之間，而且運轉時間也儘量予以縮短。

修護處振測人員負責診斷發電設備的問題點並提供有效的解決方案，對於所使用的測試設備必須要有十足的把握。由於時空環境的改變與振測人員的培養不易，如何讓相關人員擁有自信且又可以解決問題的能力；當面臨外界甚或外國技師的挑戰時，表現出我們的專業與對問題的掌握能力，這對獲得客戶的信任至當重要。

此次的出國計畫，有關儀器設備的研習部份，安排了德國 Brüel & Kjær Vibro 與瑞士 Vibro-Meter 兩家歐洲系統的公司。Brüel & Kjær Vibro 在偵測與分析系統方面，是

德國歷史最久的公司。她所開發的掌上型分析系統，幾乎是派來台灣的外籍技師必定攜帶的設備，而她的振動偵測器與分析系統，在德國的佔有率已達到 90%。瑞士 Vibro-Meter 振動偵測系統，是在台灣的 Siemens 發電機組所採用的設備。此公司最擅長高溫環境下壓力與振動的偵測，是全世界渦輪發動機偵測系統最主要的供應廠商。此外也安排到德國 Schenck 平衡機製造工廠參觀研習，她是全世界最重要的平衡機生產廠家。

藉由這三家廠商的參觀與研習，並與該公司人員的意見交流，瞭解到轉機與監測系統的相關應用技術，也在測試系統方面找尋到更多、更適合的支援，以使振測人員在解決大型轉機現場問題時能有更靈活的應用空間。。

## 二、 出國行程

97 年 10 月 02 日～03 日	往程（中正機場→德國 法蘭克福 Frankfurt）
97 年 10 月 04 日～06 日	在德國 Darmstadt Brüel & Kjær Vibro 公司研習汽機監測系統
97 年 10 月 07 日	在德國 Darmstadt Schenck 公司研習轉子平衡作業方式
97 年 10 月 08 日	轉往瑞士 Fribourg
97 年 10 月 09 日～13 日	在瑞士 Fribourg Vibro-Meter Corp. 公司參加汽機監測分析系統的訓練課程
97 年 10 月 14 日～15 日	返程（德國 法蘭克福 Frankfurt→中正機場）

## 三、 任務執行過程

### 1. 相關地理位置

此次出國研習的三家廠商，Brüel & Kjær Vibro 與 Schenck 公司皆位於德國大城市法蘭克福 Frankfurt 稍偏南的 Darmstadt (如圖 1 所示)，而 Vibro-Meter 公司則位於瑞士伯恩 Bern 至洛桑 Lausanne 中途的 Fribourg。Darmstadt 是工業城，工廠與公司林立(如圖 2 所示)，Darmstadt 理工學院在德國是非常有名的理工大學，與 Darmstadt 城的各公司間有非常好的技術合作，當然也包括 Brüel & Kjær Vibro 與 Schenck 公司。Fribourg 則是風景非常優美的小城鎮，有著許許多多的古蹟(如圖 3 所示)，很難想像這裡有個在發動機測試領域舉足輕重的 Vibro-Meter 公司。

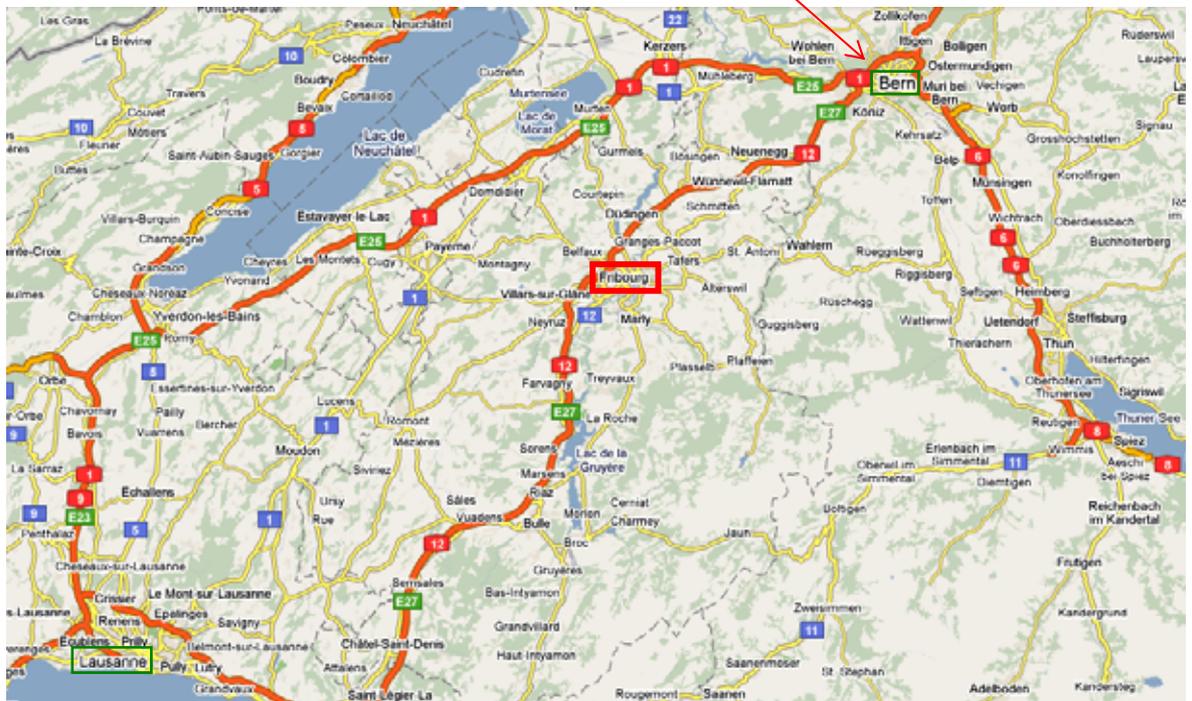


圖 1、研習廠商的相關地理位置



圖 2、Darmstadt 是工業城，工廠與公司林立



圖 3、Fribourg 是風景非常優美的小城鎮，有許許多多的古蹟

## 2. 公司介紹

Schenck 公司是全世界知名的公司，早期不單只生產平衡機，汽車工業許多重要的測試設備也出自 Schenck 公司。由於公司經營策略的調整，不同性質的部門逐漸轉形為獨立公司，但都位在這 Darmstadt 的 Schenck 工業區裡(如圖 4 所示)。

此次研習的 Schenck 平衡機工廠，也位在這工業區裡。工廠面積不大，以低速、高速平衡機及汽車輪胎平衡機為主要生產項目，此外也生產一些特殊設備，如過速機及 Moment-Weight 量測設備(如圖 5 所示)。依據客戶的需求而設計製作，由於不是大量生產，因此價格高昂。

為了滿足亞洲國家對平衡機的需求，Schenck 先在中國上海合資設立了生產工廠，後來因為種種因素又另獨資設立了生產工廠，取名為上海申克機械有限公司。原先合資的則取名為上海辛克試驗機有限公司。依照德國 Schenck 公司的說法，上海申克機械有限公司為其合法授權生產低速平衡機的公司，她的品質得到德國 Schenck 公司的確認；上海辛克試驗機有限公司則與德國 Schenck 公司毫無關係。目前台灣大量進口的平衡機幾乎是上海申克的產品，價格非常的便宜，甚至比台灣本地產的平衡機還要便宜，對台灣本土產業的衝擊很大。

Brüel & Kjær Vibro 原來只是 Schenck 平衡機公司的測試部門，近年來賣給了丹麥 Brüel & Kjær 公司，因此才有 Brüel & Kjær Vibro 的出現。此公司與瑞士的 Vibro-Meter 公司毫無關係。丹麥 Brüel & Kjær 公司在振動及噪音的測試領域一直執牛耳，卻一直欠缺迴轉機領域的測試與分析能力，因此在營收方面遠落後美國 Bently 公司。收購 Schenck 公司測試部門，應該是為了跨足到迴轉機的領域，目前 Brüel & Kjær Vibro 的偵測器與測試設備在德國發電業已經有 90% 的佔有率了。

丹麥 Brüel & Kjær 公司專長在頻譜分析，許多重要的測試場所(譬如台灣的車輛測試中心與建築研究所的音響實驗室)都是採用她的設備；Schenck 平衡機世界知名，她的測試技術當然是關鍵。當兩者合併後所開發出來測試系統的性能，當然是極其優越。但 Brüel & Kjær Vibro 的偵測器與測試設備在台灣極其少見，主要是因為所購買的發電設備鮮少採用她的產品，加上 Brüel & Kjær Vibro 在台灣沒有專屬代理商，須依附在丹麥 Brüel & Kjær 公司的台灣代理商底下(此代理商目前在迴轉機的領域並不專精)。在台灣若要試用 Brüel & Kjær Vibro 的測試設備，恐怕不得其門而入，更遑論要獲得技

術的支援。

Brüel & Kjær Vibro 只發展網路架構的即時測試設備，獨缺可攜帶型。我曾問授課的工程師何以不開發可攜帶型，他答說所有的轉動設備都在網路架構下達到完整的監控，為什麼還要開發可攜帶型。當我極力解釋我們的需求時，他露出無法理解的臉色。提出這段插曲，對在台灣從事技術工作的我們，是有很多省思的空間。

再談到 Brüel & Kjær Vibro 公司，必須提到她所開發的掌上型測試設備。十幾年前，從事迴轉機振動工作的人員，一定都曾被 Vibro 41 的強大功能所深深吸引。Vibro 41 正是 Brüel & Kjær Vibro 公司的產品，目前已開發出 60 系列的產品(如圖 6 所示)。掌上型測試設備是振測單位非常重要的設備，台灣目前已能設計製造。如何讓本土的產品與 Vibro 41 競爭甚至超越，應該是大家的期望了。

瑞士 Vibro-Meter 由於掌握到可耐極高溫的壓電材料 Piezo-Electric Crystal，而這又加速規與壓力規的關鍵元件，因此全世界的氣渦輪發動機幾乎都採用她所生產的耐高溫偵測器。因此，無論是太空梭、飛機或是發電廠，都有她的產品(如圖 7 所示)。

除了偵測器外，Vibro-Meter 也致力於偵測系統的開發。台電的 Siemens 發電機組所採用的就是 Vibro-Meter 的產品。近年來更致力於即時監測與診斷系統，也包含了網路架構(如圖 8 所示)與攜帶型(如圖 9 所示)兩種。經由這次的研習可以確定，她產品的功能並不輸給 Bently 公司。目前台電已有些電廠裝設 Vibro-Meter 的即時監測與診斷系統，但效果卻不彰。探討原因，台電技術人員已經熟悉且習慣 Bently 公司產品的操作，而 Vibro-Meter 的台灣代理商也疏忽了產品之間的差異，針對這些缺失，還要再繼續努力。

台電南部地區發電機組的總數量不超過 50 部，但 Siemens 的發電機組共有 29 部(興達電廠一部複循環有四部發電機組)，佔了五分之三。若是每部 Siemens 發電機組所配置的 Vibro-Meter 振動監測系統都具有診斷分析的功能，能夠擷取機組升降起停及負載下的振動資訊，則本單位在設備的採購上將能大幅減少，振測人員也毋須為了振測設備的架設而勞師動眾；更重要的是，此發電設備相當重要的振動資訊都能儲存起來。經過此次 Vibro-Meter 的研習，深知要達到此目的相當容易。最難的是台電內部對此方面的共識及執行的決心。



圖 4、Darmstadt 城裡的 Schenck 工業區

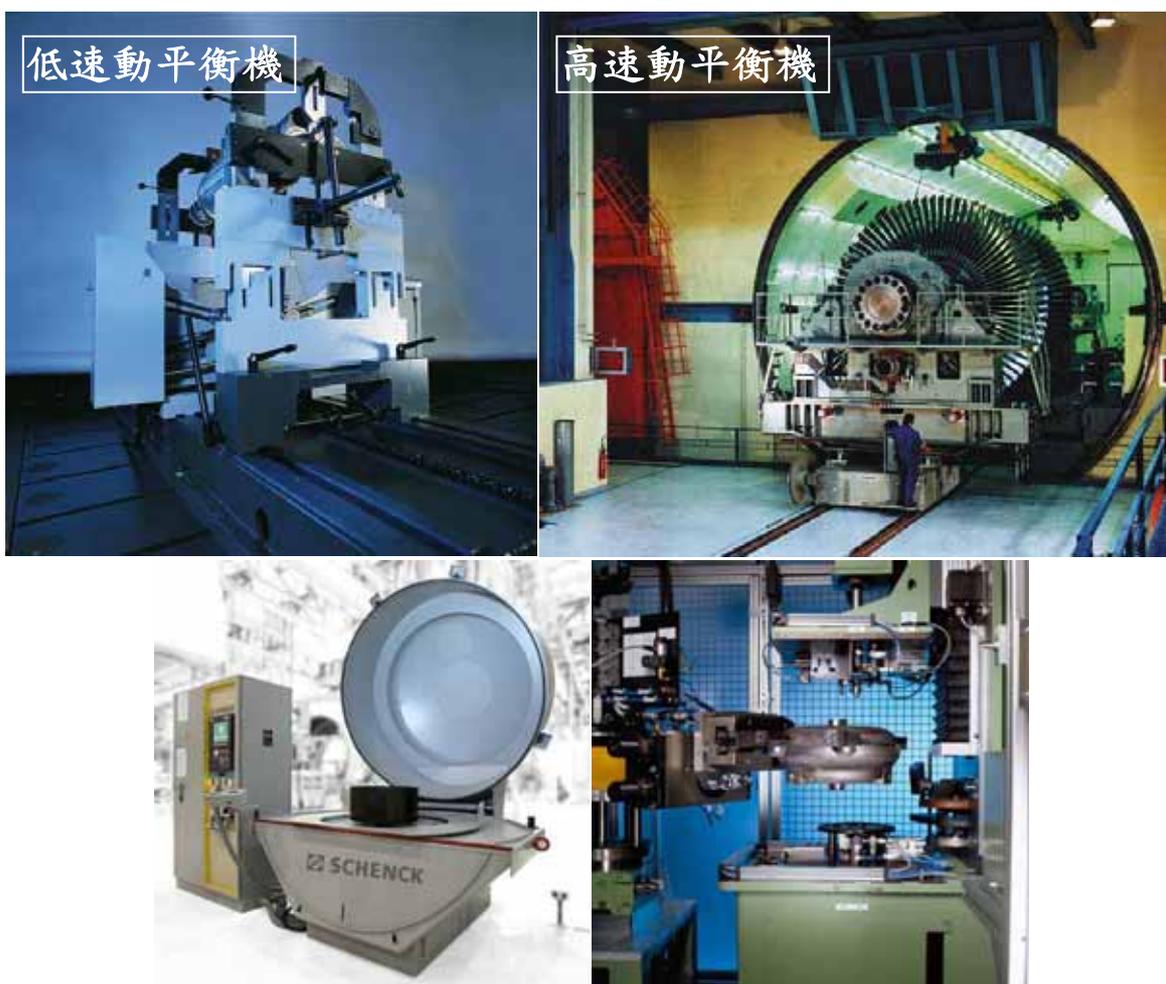


圖 5、Schenck 生產各種平衡機及一些特殊設備



圖 6、Brüel & Kjær Vibro 所生產的掌上型測試設備

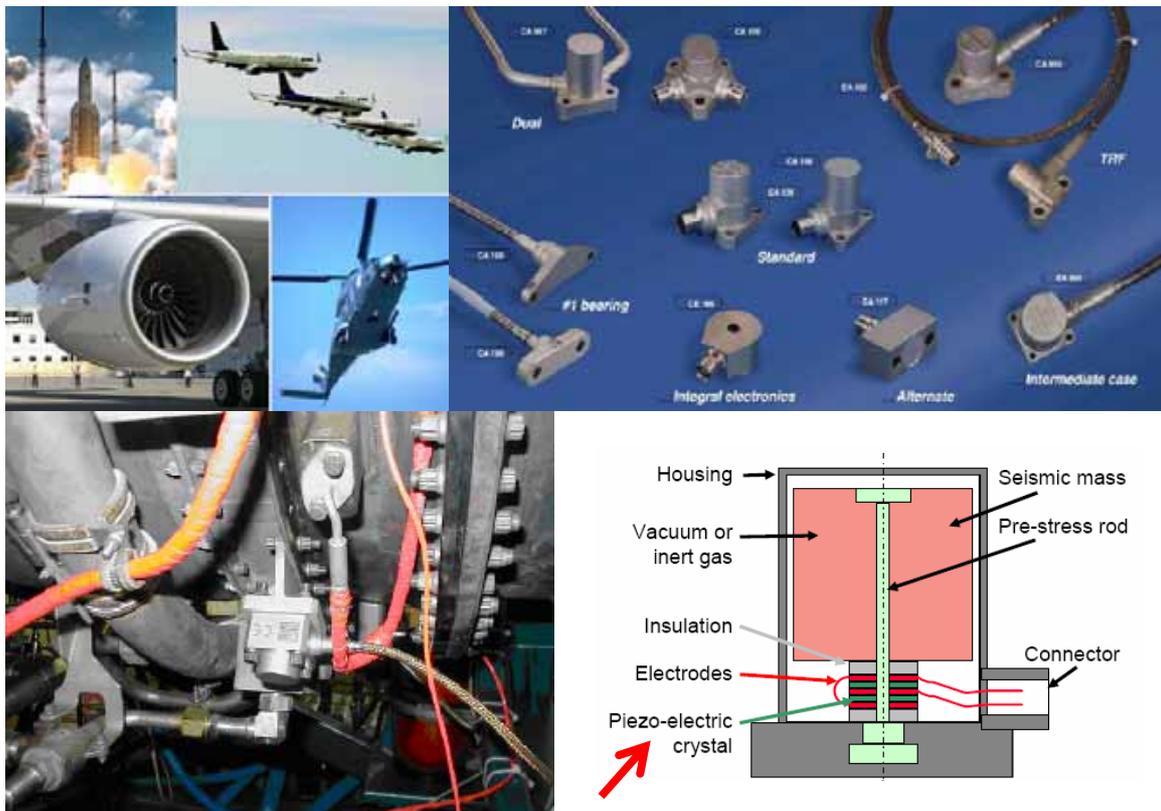


圖 7、全世界的氣渦輪發動機幾乎都採用 Vibro-Meter 所生產的耐高溫偵測器

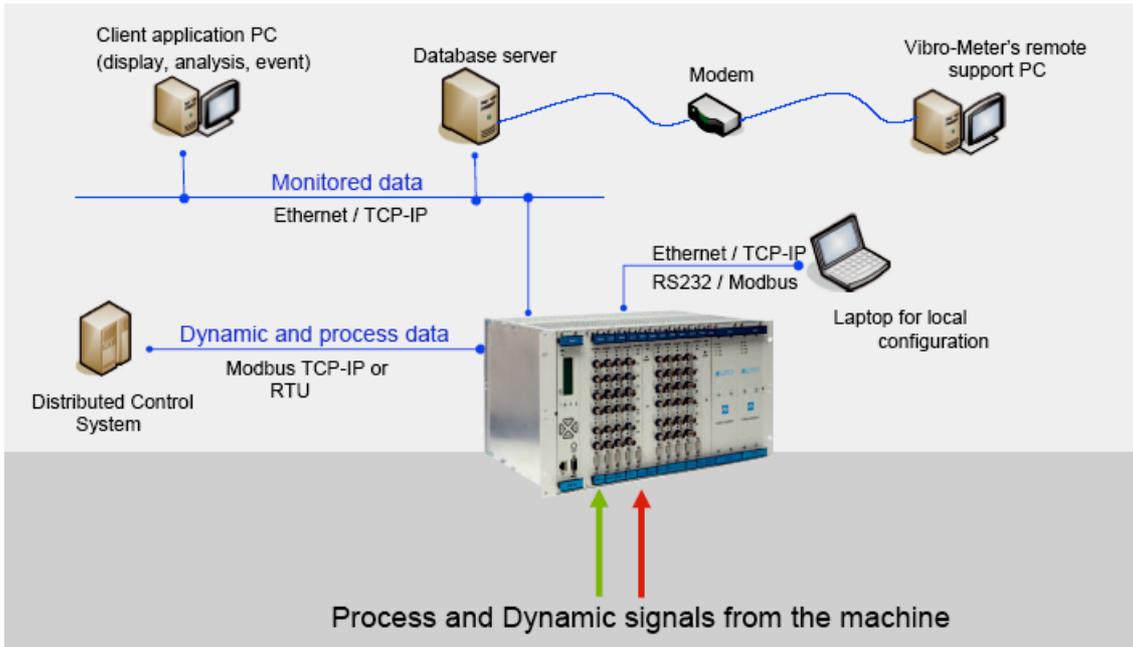


圖 8、Vibro-Meter 所開發網路式即時振動偵測診斷系統



圖 9、Vibro-Meter 所開發攜帶型振動偵測診斷系統

## 四、研習過程及內容

此次到 Brüel & Kjær Vibro、Schenck 與 Vibro-Meter 三家公司研習，皆承蒙廠方安排專業工程師進行一對一的討論與實作，並且到生產工廠裡參觀各項產品的製造。專題討論是此次研習的重點，廠方準備了許多書面資料做為題材。但進行過程中發現彼此間需要的內容有很大的不同，因此採取我的建議，由我天南地北的提出各項問題，請廠方回答；進行過程，只要我能問的，廠方幾乎無所保留，最後再找出我所需要的書面資料予以補充。這種互動的模式，確實讓我獲益良多。Schенck 公司本持著德國人的本色，誠實且不保留的回答所有問題，但對內部資料管制的滴水不露，看過後即予以收回不准外流。Vibro-Meter 公司則把全世界曾經手過的案例都攤開來互相討論，且願意與我們一起分享成果。

生產工廠的參觀是難得的機會，Brüel & Kjær Vibro 與 Vibro-Meter 兩家公司都讓我深入觀摩到各項偵測器(加速規、位移規與速度規)與測試儀器的製作與校正。Vibro-Meter 甚至讓我進入他們核心技術所在－壓電材料製作中心。Schенck 公司對我的參觀非常謹慎，事先聯絡台灣廠商針對我的來歷調查一番，確定身份沒有問題後，再來的工廠的參觀與解說可說是極其詳細，許多測試平台的要求條件及偵測方式，只要我問的出來，他們幾乎不會保留。三家公司都有共同的要求，絕對不准照相。有回故意問是否可以照相，他們那德意志民族的特性馬上跑了出來『我們已經告訴您不可照相，為什麼還要問呢？』

由民族性可以了解到一家公司產品的特點。Brüel & Kjær Vibro 所生產的加速規，雖然都是手工做的，只要感度能做到標準要求的 100 mV/g，他們絕不會做 99 mV/g。Schенck 公司對他們的平衡機也持相同的態度。因此，價錢極便宜的中國上海申克所生產的平衡機是否真的可與德國 Schенck 平衡機媲美，我是持懷疑的態度。

### 1. Schенck 公司研習

Schenck 公司是世界知名的平衡機製造公司，低速動平衡機採硬支撐設計(如圖 10 所示)，台灣現有的硬支撐低速動平衡機，幾乎都來自 Schенck (許多是來自中國上海申克)。硬支撐低速動平衡機對基座的要求十分嚴苛，因此建造時非常費工費時。但進行平衡配重時，完全不需要施以試重的步驟，只要依照量測後電腦的指示添加配重，都是一次就完成工作，準確度非常高。本單位多年來在南部地區所進行的低速平衡，

都是仰賴 Schenck 公司的低速平衡機，因此對此設備非常熟悉。

所不解的是，為什麼不需要施以試重的步驟呢？它的偵測器是否採用力規，所以才不需要試重的步驟呢？其實心裡知道它是使用速度規。這次 Schenck 之行，確定了偵測器就是速度規。何以不需要試重的步驟，在於它設計上的奧妙。Schenck 工程師也盡職地解釋不需要試重步驟的原因及校正對平衡機的重要性。

高速動平衡機(如圖 11 所示)是此次研習的重點。主要的設備是兩側的巴式合金軸承與基座。軸承採活動式的設計，以速度規偵測振動量(如圖 12 所示)。由於需要將轉子速度提升到三、四仟轉以上，以達到運轉的要求，因此帶動的馬達的馬力數很大，對電力的需求也很高；高速動平衡機的安裝，首先須考慮到場所是否可提供足夠的電力需求。

再來轉速會達到三、四仟轉以上，因此須提供真空的環境讓它運轉。圖 5 高速平衡機的照片裡，放置整個汽輪機轉子的就是真空槽。它的真空度要求非常高，因此真空槽的結構強度須經過特別設計。再來由於真空度很高，進口端蓋的密封設計與製作也非常重要。巴氏合金軸承須有潤滑油系統，它的設計很重要，才能避免失油造成嚴重的損壞事故。

Schenck 工程師針對台灣的需求進行評估，若是平衡轉子的重量從 500 公斤到 60 公噸來建造一座高速動平衡機，因為重量從 500 公斤到 60 公噸轉子直徑差別範圍很大，因此必須購買兩座大、小不同的軸承與基座。由於不同施工條件會出現不同的價格，一座能進行 500 公斤到 60 公噸轉子的高速平衡機，所需的總費用在新台幣 6 億至 10 億之間。

台灣現有高速轉子的數量，應該達到了 1000 支，是否該擁有一部高速平衡機，很難驟下定論。在德國，高速轉子經過整修後，都會施以高速平衡，他們認為這是品質確認必經的步驟。他們設計的小型汽輪機都沒有現場配重孔，因為他們認為施以高速平衡後，不需要在現場施以配重處理。在台灣，整修後的轉子頂多只施以低速平衡，很難掌握轉子平衡的品質，這對實事求是的德國人而言是很難理解的。因此，在資源缺乏的台灣從事振動問題處理的人員，常為平衡方法不對所引起的高振動所苦，很多時候是將跳機的功能取消機組才得以發電；也有許多運轉人員，為著那無法解決的高振動所緊張了。

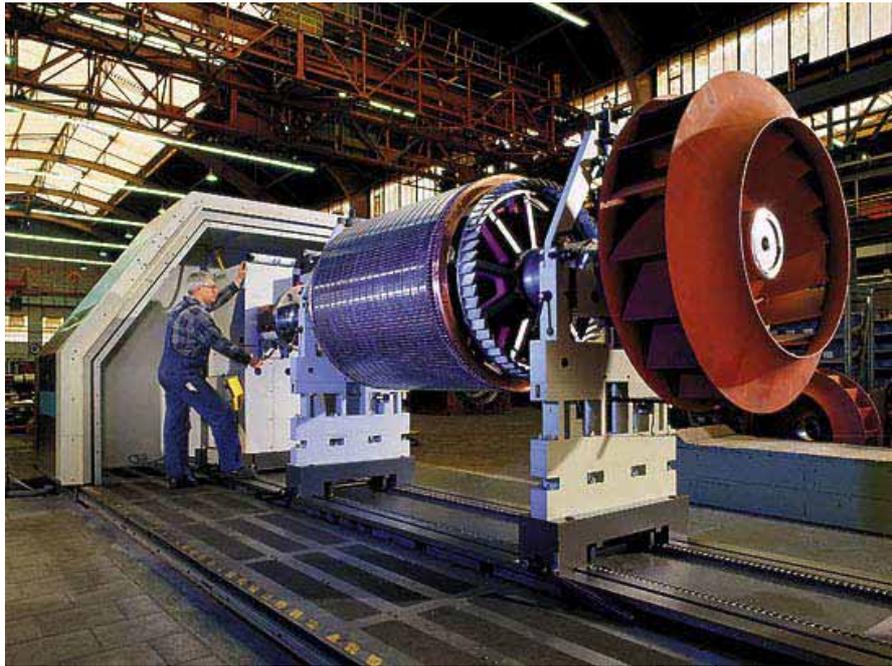


圖 10、Schenck 公司所生產的硬支撐低速動平衡機

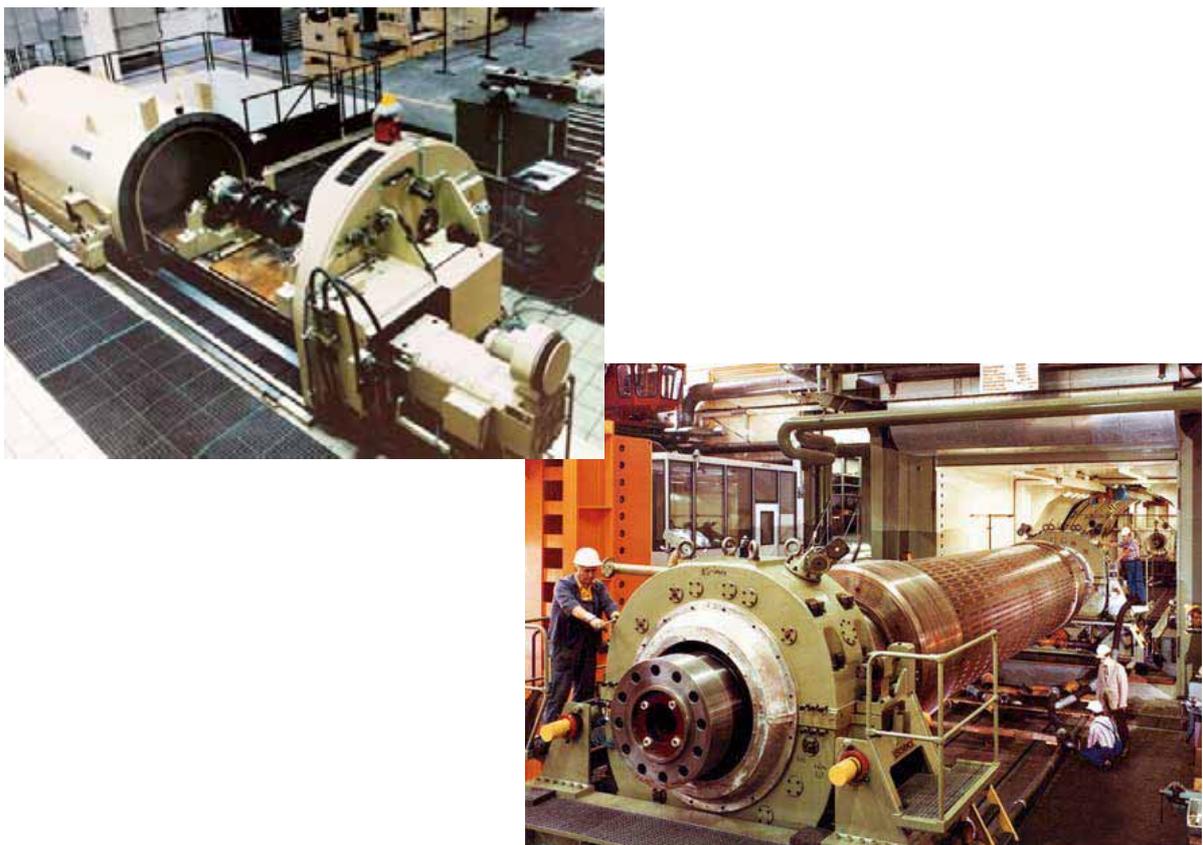


圖 11、Schenck 公司所生產的高速動平衡機

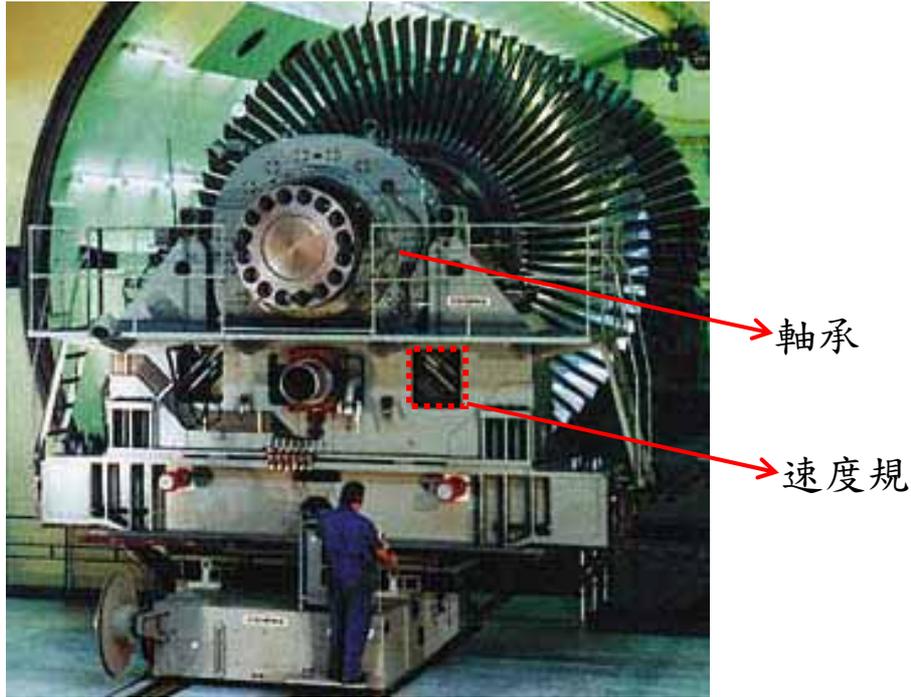


圖 12、Schenck 高速動平衡機相關配件

## 2. 德國 Brüel & Kjær Vibro 研習

Brüel & Kjær Vibro 公司原來是 Schenck 公司的測試部門，近年來轉售給丹麥 Brüel & Kjær 後才成立此 Brüel & Kjær Vibro 公司，因此所生產的振動偵測器品質優良(如圖 13&14 所示)。她所生產的渦電流位移規，可將探頭與激盪器合併在一起，且大小長短不改變，使用上非常方便，是目前市面上少見的設計。

此公司的偵測器(包括加速規、速度規與位移規)都是依據客戶的需求採用手工生產，對品質的要求非常嚴格，使得價格上較為昂貴，此類高品質的偵測器適合專事於振動測試的客戶。雖然型錄上也有高溫加速規，但不是這裡生產的。

振動訊號擷取系統部份，目前推出的是 VC 6000 系統(如圖 15 所示)，可以網路架構將全廠偵測系統予以串聯。目前的軟體方面僅能顯示振動值及警報。將在 2009 年 1 月推出的診斷軟體，則包含 Polar、Bode、Spectrum.....等與美國 Bently 診斷軟體相同的功能。由於丹麥 Brüel & Kjær 的協助開發，使得此套即時監測診斷系統在頻譜分析能力極優異，尤其它具備八度音的分析功能(圖 16、17、18 是在實驗室實習時所使用的設備及教授的工程師)，在應用上更為廣泛。由於尚未推出，僅在研習過程讓我們觀摩，公司不提供此方面的任何資料。

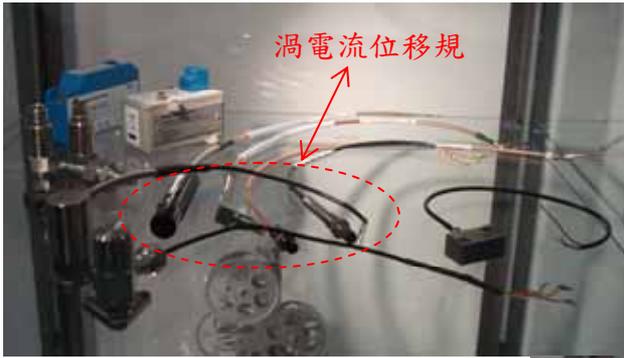


圖 13、Brüel & Kjær Vibro 所開發生產的各式偵測器



圖 14、Brüel & Kjær Vibro 生產的各式偵測器一覽

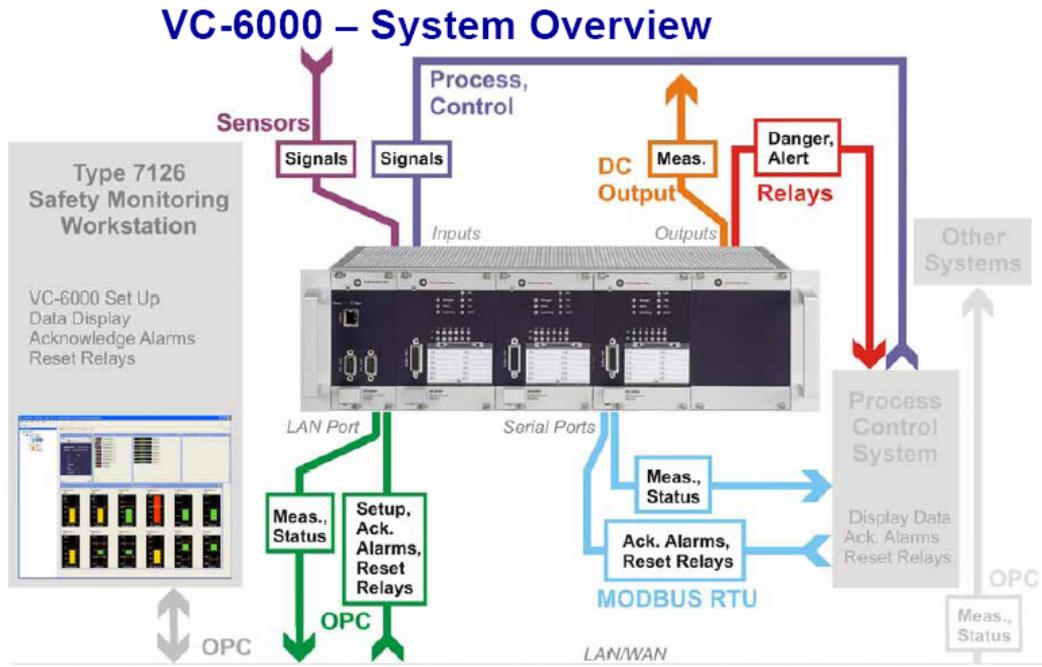


圖 15、Brüel & Kjær Vibro 公司所推出的 VC 6000 系統

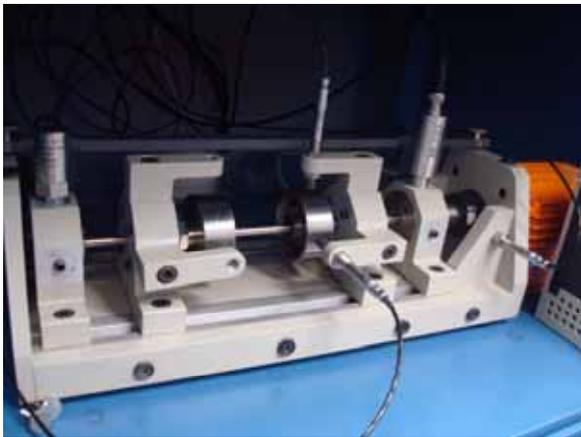


圖 16、Brüel & Kjær Vibro 公司實驗室的試驗機



圖 17、在實驗室裡以 VC 6000 進行試驗



圖 18、與 Brüel & Kjær Vibro 公司專業工程師 Wolfgang Lorenz 合影

### 3. 瑞士 Vibro-Meter 的研習

Vibro-Meter 公司對於我的到來非常的重視。首先由工業應用部門的負責人及亞洲區經理與我進行一場廣泛性的座談。Vibro-Meter 在中國大陸深耕已久，振動監測、控制與診斷系統得到許多大型發電機組的採用。長久以來台灣地區則是停滯不前，這兩位先生也曾來過台灣，也希望藉由此次與我的會談，了解到台灣市場的需求與無法突破的問題所在。

半天的會談過後，安排了四位專業工程師針對不同的議題各進行半天的研討。由振動偵測器、測試儀器、診斷軟體談到在全世界各地的應用狀況，內容非常的充實。

有關振動偵測器，Vibro-Meter 也生產渦電流位移規(如圖 19 所示)與加速規(如圖 20 所示)等常用的偵測器。此外，也生產 Air Gap 偵測器(如圖 21 所示)，這應用在發電機內部振動問題的量測與分析。而耐高溫的壓力偵測器(如圖 22 所示)用於氣渦輪機，目前是世界最主要的供應廠商。這歸因於 Vibro-Meter 掌握到可耐極高溫的壓電材料 Piezo-Electric Crystal，此乃加速規與壓力規能耐高溫的關鍵元件，無論是太空梭、飛機或是發電廠，只要是高溫使用的環境，都會有她的產品。

目前台灣 Siemens 複循環機組皆使用 Vibro-Meter 的振動監測系統，但這些硬體(如圖 23 所示)已是西元 2000 年以前的產品，以後則完全更改設計且不再生產，近年來則不再提供維修服務。2000 年以後開發的振動偵測硬體(如圖 24 所示)，功能更加完整與周全，除了具備原來硬體的機能外，它也供應電源給 Vibro-Meter 所生產偵測器，在整體架構上簡化許多。在經由網路接頭與電腦聯結後，即可進行網路式即時振動偵測診斷系統(如圖 25 所示，即時振動偵測診斷軟體須另外購買)。一旦網路化後，此部機組有關振動量測與診斷分析所需要的所有資訊，不但可以即時存錄，還可以藉由網路將訊息傳遞至全世界各角落(如圖 26 所示)。

全世界所有的振動儀器廠商都把即時振動偵測診斷系統列為重要的發展設備，而 Vibro-Meter 所發展出來硬體系統較美國 Bently 系統更為簡化；Vibro-Meter 也開發了攜帶型即時振動偵測診斷系統(如圖 27 所示)，如果發電機組振動監測已裝設了圖 24 的硬體，則只需要電腦及它內部的診斷軟體即可完成分析診斷與配重平衡的工作。診斷軟體所包含的項目與美國 Bently 公司的診斷軟體幾乎雷同(如圖 28 所示，圖 29、30、31、32、33 是各項功能的介紹，圖 34 是圖控畫面)。再來，應該是我們使用者如何去學習使用這一套系統了。

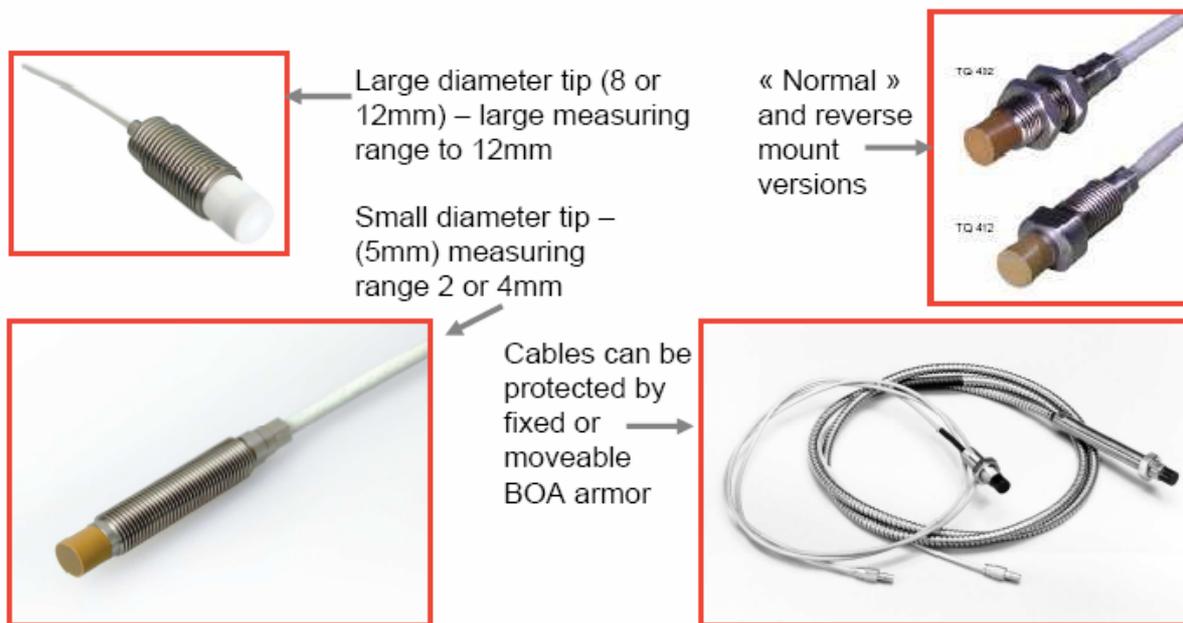


圖 19、Vibro-Meter 所製造渦電流位移規

## Types of Accelerometers

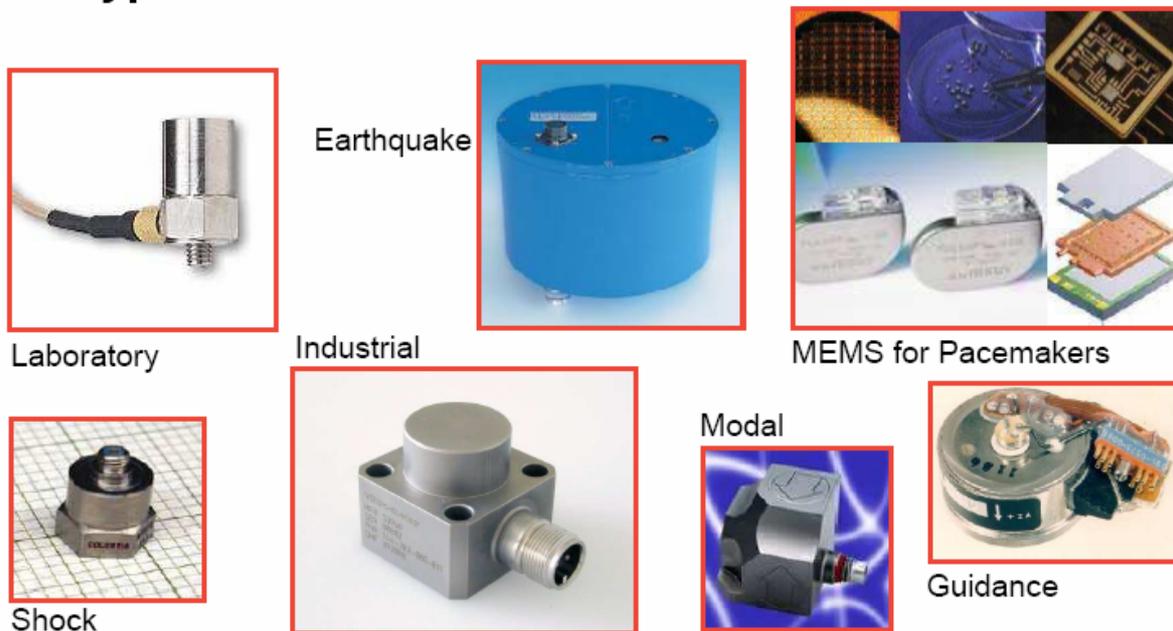


圖 20、Vibro-Meter 所製造加速規

## Air Gap System LS/ILS

- Electric field principle
- Used in generators to monitor
  - Pole profile
  - Rotor profile
  - Min Gap
- Sensor operating temperature  
-15°C to 125°C
- Measuring range : 2mm to 65mm
- World only supplier

(DC) quasistatic



圖 21、Vibro-Meter 所製造 Air Gap 偵測器

## Dynamic pressure sensor CP 103

- Acceleration compensated versions
- Used in gas turbines to assist in control of low NOx
- Sensitivity 232 pC/bar
- Frequency response 2 Hz -10 kHz
- Used by Alstom Power, GE, Siemens, Pratt & Whitney, Rolls Royce, Fiat Avio, Ansaldo, Mitsubishi, Nuovo Pignone
- World only supplier



圖 22、Vibro-Meter 所製造耐高溫壓力規



圖 23、目前台灣 Siemens 機組所使用 Vibro-Meter 的振動監測系統



圖 24、Vibro-Meter 新開發振動即時偵測診斷硬體

## VM600 network (Ethernet – TCP/IP)

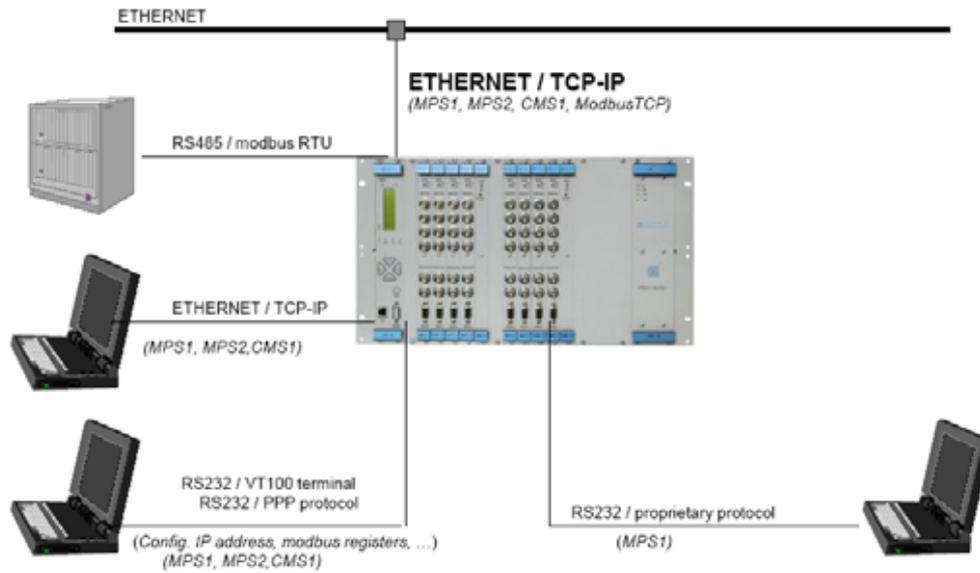


圖 25、Vibro-Meter 所開發網路式即時振動偵測診斷系統

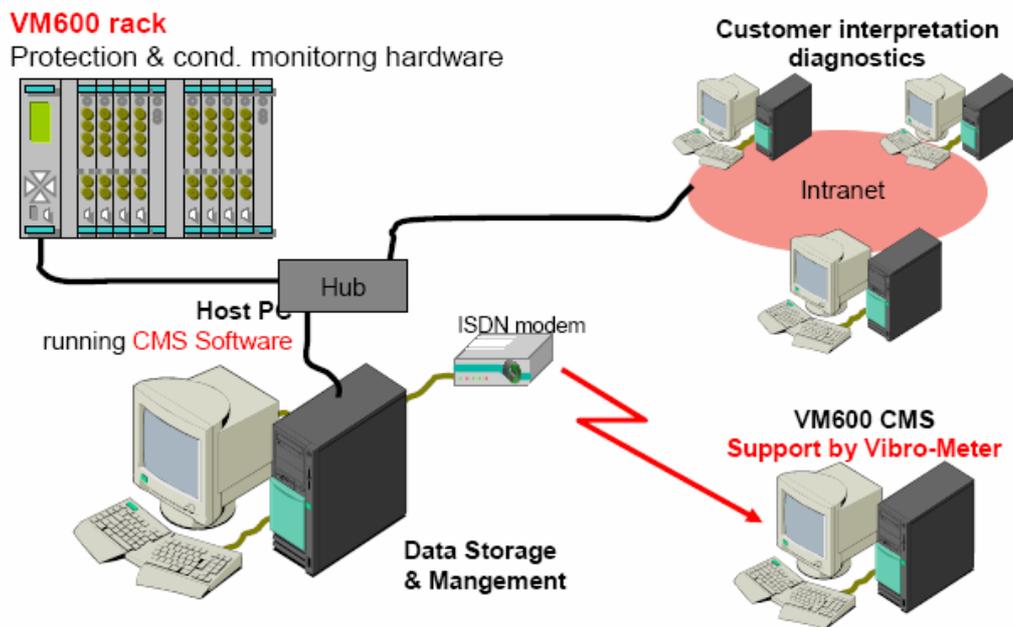


圖 26、即時振動偵測診斷系統藉由網路將訊息傳遞



圖 27、Vibro-Meter 所開發攜帶型即時振動偵測診斷系統

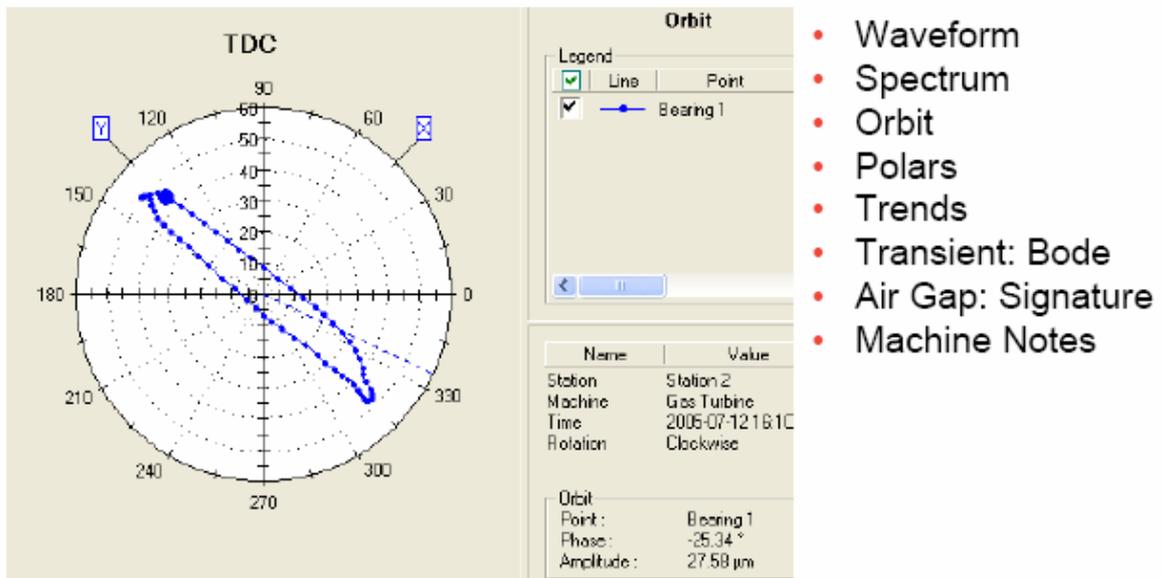


圖 28、Vibro-Meter 診斷系統所具有的軟體功能

Direct display: Waveform

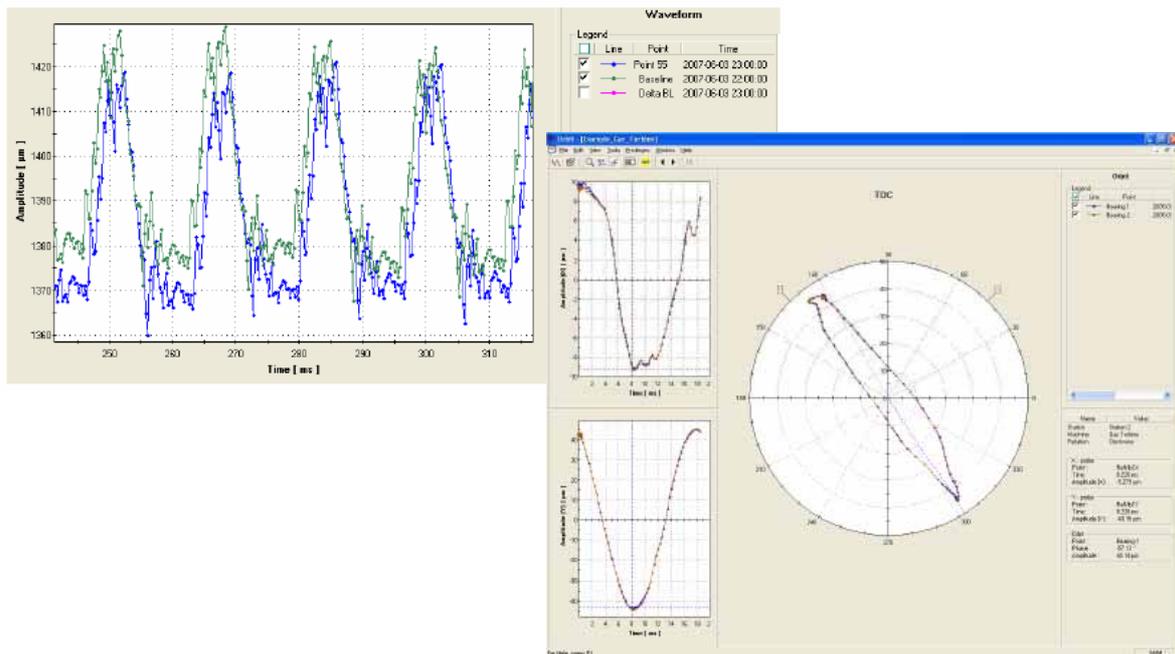


圖 29、Vibro-Meter 診斷系統顯示 Time Waveform 及 Orbit

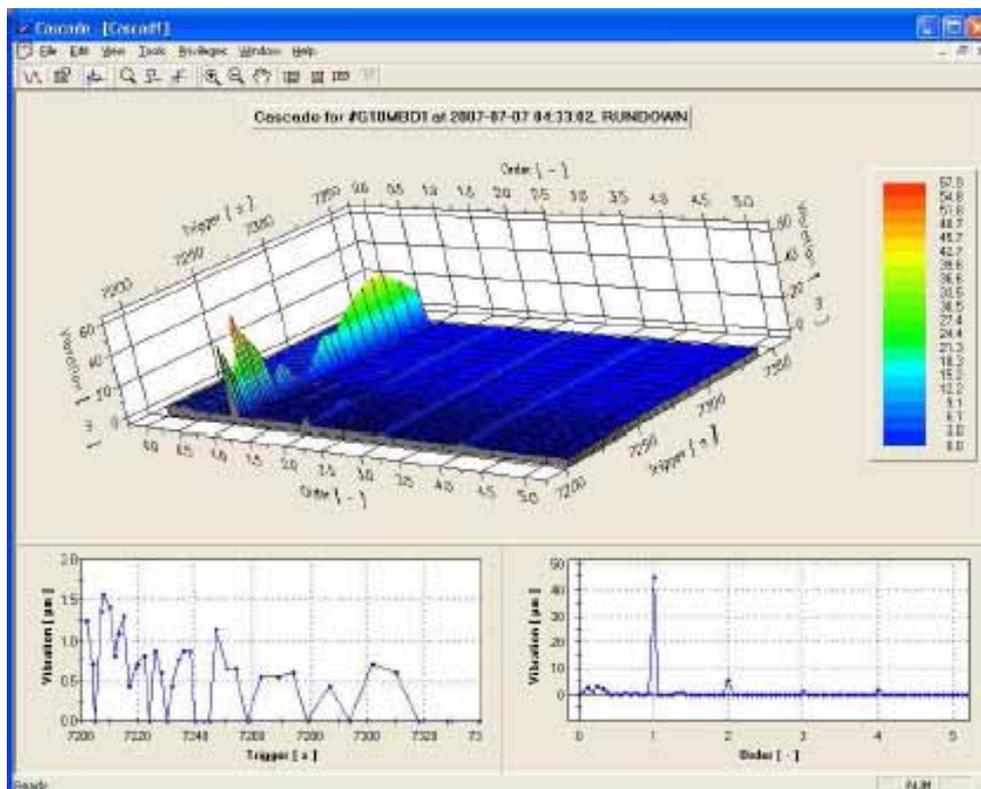


圖 30、Vibro-Meter 診斷系統顯示的頻譜功能

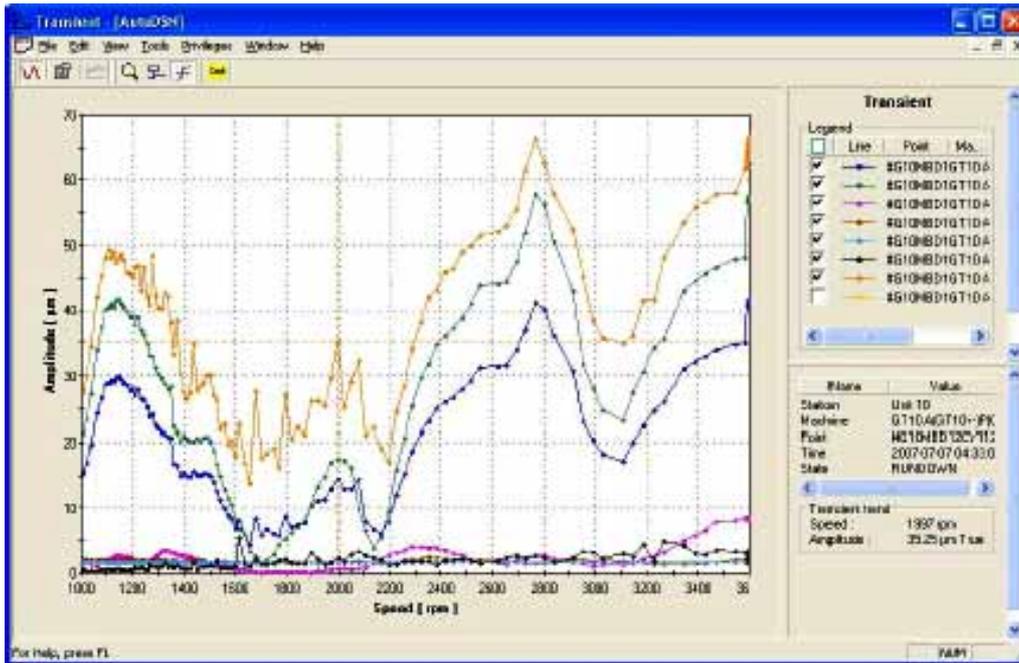


圖 31、Vibro-Meter 診斷系統顯示振動趨勢圖

## Data Analyser: Transient Polar plot

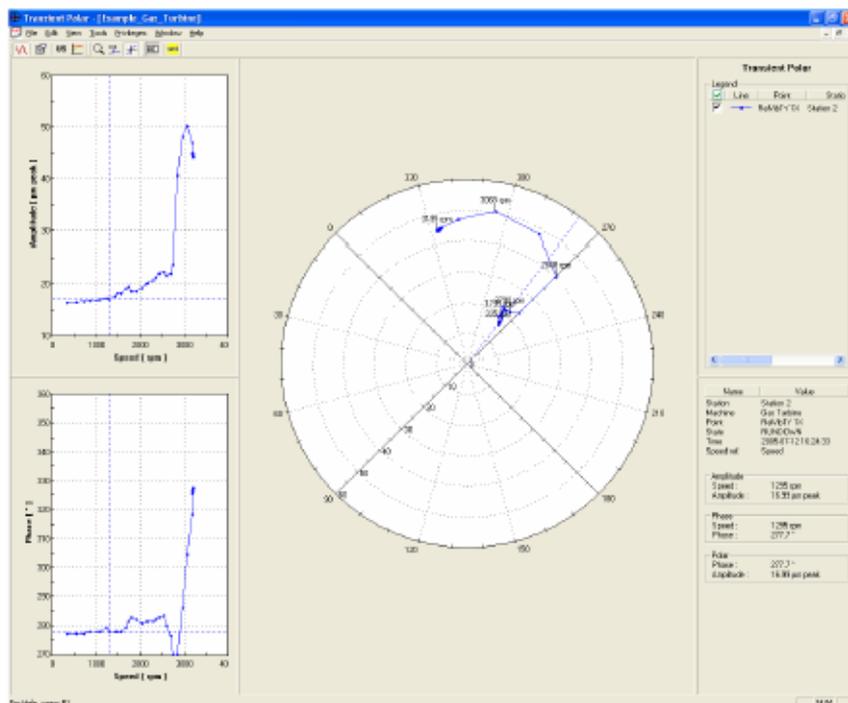
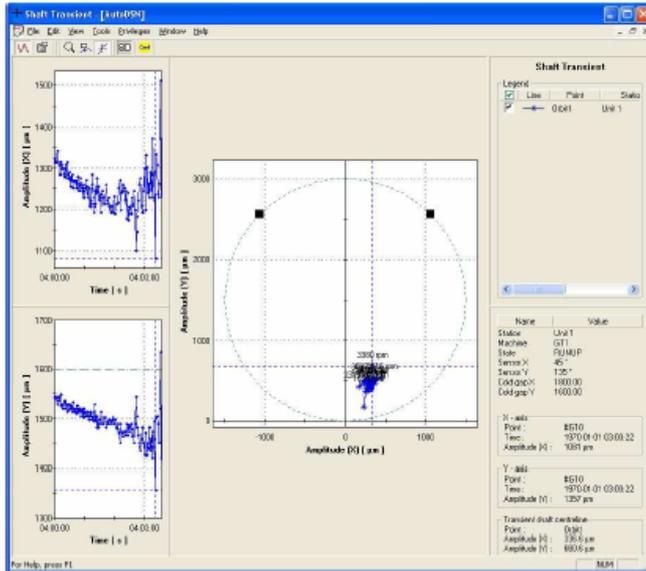


圖 32、Vibro-Meter 診斷系統顯示 Polar Plot

## Data Analyser: Shaft Centerline plot



Using dc gap voltage information from radially mounted XY proximity probes

圖 33、Vibro-Meter 診斷系統顯示 Shaft Centerline Plot

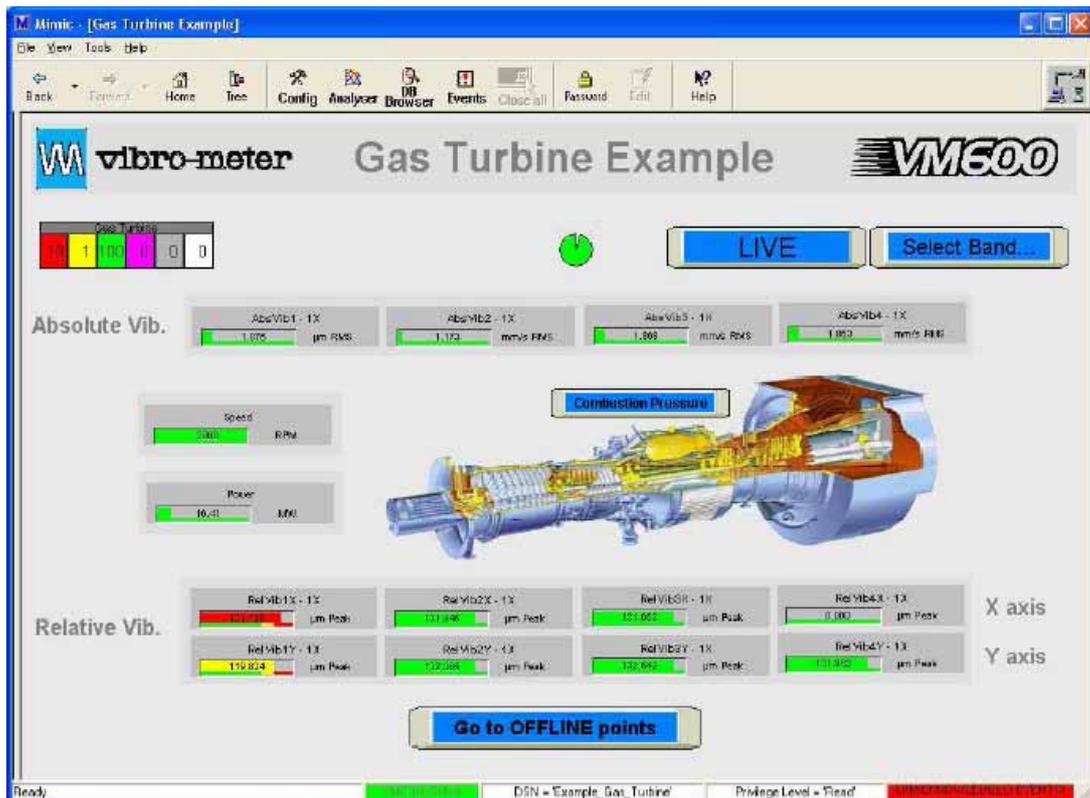


圖 34、Vibro-Meter 診斷系統的圖控畫面

## 五、研習心得：

### 1、平衡機的心得

- I. 高速動平衡機的理論，有助於現場振動問題的處理。對由於台灣沒有高速動平衡機，振測人員在這區塊平衡問題的處理上，確實存在很大的盲點。
- II. 此次在 Schenck 公司的研習裡，著實獲得了很多寶貴的資訊，對處理現場的振動問題有相當大的助益。德國人在機械設計上，確實有許多讓人驚訝的技術，它不是根源於高深的理論，而是很多基本觀念的落實，由此可知，德國在基礎教育與實做的落實了。
- III. 很可惜 Schenck 公司對資料管制非常嚴格，回國後試圖在網站找尋相關資料皆無法獲得。但這不是很重要，德國的技術來自於實做，肯做才能得到真正的技術。中國人相信只要能得到葵花寶典，加上自宮，就能成為東方不敗，這錯誤的觀念一定要改。

### 2、振動監測系統的心得

- I. 振動偵測器的生產，Brüel & Kjaer Vibro 與 Vibro-Meter 完全採用手工一顆一顆的製作，著實讓人無法置信。但這是很好的經驗，往後也知道如何去選購最適合自己的偵測器。
- II. 與兩家歐洲系統廠家的接觸過程可以發現，無論是偵測器或是訊號擷取設備，甚至處理問題時，觀念上與我們確實有很大的不同。以往我們的資訊幾乎都來自於美國，對歐洲的接觸很少。從事振動問題診斷的人員，應該將觸角多方面展開，了解每個角落對問題的思考邏輯，才能面對在問題時集思廣益。
- III. 藉由研習時的交流，確實讓自己在觀念與做法上更加的突破。

## 六、對未來振測業務需求的因應與建議：

1. 針對 PC-Based 的振動訊號擷取或即時監測系統，此次研習的兩家公司的產品，確實可以達到美國 Bently 公司系統功能的要求。針對南部地區各電廠的振動監測系統，應當由多個角度思考，不須再被單一公司所左右。

2. 此次研習的兩家公司的偵測器，在性能上更優於目前常用美國品牌 PCB 或 WR 的偵測器。日後採購時，可以多方面比較與參考。
3. 由歐洲生活費用的高昂，可以明白歐洲測試設備價格的高昂。手持式頻譜分析儀是目前國內可以開發的產品，功能不錯，價格相對也少了許多，應該予以支持。當手持式頻譜分析儀開發技術成熟，PC Based 測試設備的開發也指日可待了。

## 七、返國座談會簡報資料

返國座談會由主任召集及主持，人資課主辦，於 11 月 14 日下午 2 點舉辦，各技術部門主管及分隊長、工程師熱列參與、交流，座談會於 3 點左右結束。