

出國報告（出國類別：實習）

## 風力機組維護技術實習

（裝訂線）

服務機關： 台灣電力公司

姓名職稱： 廖永全分隊長

古文祿工程師

派赴國家： 丹 麥

出國期間： 95.9.30~10.16

報告日期： 95. 11. 20

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：風力機組維護技術實習

頁數 31 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

廖永全/台灣電力公司/電力修護處/分隊長/02-27853199 轉 113

古文祿/台灣電力公司/電力修護處中部分處/電機工程師/04-73633666 轉 355

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：95.9.30~95.10.16

出國地區：丹麥

報告日期：95.11.1

分類號/目

關鍵詞：風力發電、迎風控制系統、葉片旋角控制系統、VCS 控制器

內容摘要：

彰工風力發電機組及附屬設備帶安裝採購案由星能公司得標，履約計畫書內承商承諾提供本公司人員赴風機原廠受訓人員，修護處派兩人至丹麥 Vestas 公司參加風力機組維護技術訓練，分別在 Videbæk、Ringkøbing 學習理論基礎和故障排除和至 Esbjerg 現場風機實習定期保養。藉彰工 VESTAS 風力機組維護技術引進，學習原廠維護技術以因應營運之維修工作；使本處有能力運轉風力機組和維護 VESTAS 之 VCS 控制器。

安全帶、通訊是風機維護人員的必備隨身設備，隨時自我檢查，風塔上需有逃生繩、滅火器和救護箱，工作人員定期接受訓練，確保工作人員的安全。V80 為齒輪箱之發電系統，主要設備有迎風控制系統、葉片旋角控制系統、避雷系統、控制器系統和發電及傳輸系統。現場風機定期保養為 6 月期保養，含有機械、潤滑和電氣保養。風塔空間狹小，維護人員不分機械或電氣專長，甚至操作吊卡車之升降起重、油漆，每組(2 人)都要有獨立能力去完成，有時需要 2 組人力協同，如 1 組在吊卡車之升降油漆作業，另組操作風機配合。

建議維護人力以 3 人為一組，有維護車並輔有視訊傳輸的專家團隊，專用保養儀器的購置，安全防護設備定期更新，以團隊合作技術移轉，風力結合太陽能發電，使之成為電力系統的重要一環。

## 目 次

壹、 出國目的	4
貳、 國外公務之內容和過程	4
參、 國外公務之心得	7
一、 基礎理論和故障排除訓練	7
1. 安全設備	7
2. V80 風力發電機	7
3. V80 風機控制	9
4. 參觀風機組裝測試工廠	16
5. 成果	16
二、 現場參與定期保養實習	19
1. 使用車輛	19
2. 保養工具、午餐及安全裝配	21
3. Pitch 軸承潤滑油更換及洩漏檢查	22
4. 液壓油系統壓力檢查、過濾器更換，蓄壓器壓力檢查	23
5. 超音波風計檢查及葉片檢查	24
6. 發電機前後軸承潤滑油補油及油泵動作檢查	24
7. 主軸承注油及廢油清除	24
8. 齒輪系統檢查	25
9. VCS 控制系統檢查	26
10. 發電機轉子滑環檢查	27
11. 迎風系統檢查	28
12. 風機現場葉片噴漆處理	29
肆、 出國期間所遭遇之困難與特殊事項	30
伍、 建議事項	30

## 風力機組維護技術實習

### 壹、 出國目的

彰工風力發電機組及附屬設備帶安裝採購案由星能公司得標，採用丹麥 VESTAS 風力發電機組，履約計畫書內承商承諾提供本公司人員赴風機原廠受訓人員。94 年 10 月 3 日台灣電力公司風力發電開發及營運分工要點，風力發電廠之初級維護及保養工作由兼管電廠負責，三個月定期保養及設備故障檢修由電力修護處負責。又依 95 年 2 月 20 日總經理主持風力發電分工營運會議紀錄，彰工風力暫由電力修護處負責營運。因此，電力修護處派兩人至原廠製造公司 VESTAS 參加風力機組維護技術訓練。藉彰工 VESTAS 風力機組維護技術引進，學習原廠維護技術以因應營運之維修工作；使本處有能力運轉風力機組和維護 VESTAS 之 VCS 控制器。

### 貳、 國外公務之內容和過程

本次出國至丹麥 VESTAS 風力發電機組製造公司參加風力機組維護技術訓練實習，依 Vestas 公司安排之風力發電機組維護訓練，本次實習計有下述二大項目如下：

1. 基礎理論和故障排除訓練(上課地點：Videbæk、Ringkøbing，時間：10/2~6)
  - a. 10/2 日，星期一
    - 1) 風力機組使用之安全設備介紹、使用方法解說及操作。
    - 2) V80 2.0MW 機組簡介，含簡單工作原理。
    - 3) 風力葉片簡介。
    - 4) VMP(Vestas Multi Processor Controller)介紹，組成包括 ground controller，VCS(Vestas Converter System) controller 之控制卡片(VCP-Vestas Converter Processor)，top controller 及 hub controller。
    - 5) VMP 硬體介紹。
  - b. 10/3 日，星期二
    - 1) 電氣設備介紹及說明。
    - 2) V66 及 V80 系統單線圖解說。
    - 3) 溫度迴路(Temperature cuicuit)介紹及模擬機上執行故障排除。
    - 4) 緊急迴路(Emergency curcuit)介紹及模擬機上執行故障排除。
  - c. 10/4 日，星期三
    - 1) VCS(Vestas Converter System)元件介紹。
    - 2) VCS 功能說明。
    - 3) VCS 模擬機上執行故障排除。
  - d. 10/5 日，星期四
    - 1) V52 之 Pitch 及 Brake 液壓油系統介紹。
    - 2) V80 之 Pitch 及 Brake 液壓油系統介紹。
    - 3) 液壓油系統故障排除。
  - e. 10/6 日，星期五

- 1) 風力機組 Sensors 介紹及說明。
  - 2) 齒輪組潤滑油系統介紹及說明。
  - 3) AGO2 功能介紹及說明。
  - 4) 參觀風力發電機組設備組裝工廠。
  - 5) 參觀風力機葉片研磨工廠。
2. 現場參與定期保養實習(現場地點：Esbjerg，時間：10/9~13)
- a. 10/9 日，星期一
    - 1) Pitch 軸承潤滑油更換及洩漏檢查。
    - 2) Pitch 間隙檢查。
    - 3) Pitch cylinder 檢查。
    - 4) 液壓油系統壓力檢查、過濾器更換，蓄壓器壓力檢查、氮氣補充。
  - b. 10/10 日，星期二
    - 1) 安全設備操作及攀爬訓練。
    - 2) 超音波風計(wind speed and direction sensor)檢查。
    - 3) 至機艙外目視檢查葉片觀察是否有裂痕。
    - 4) 發電機前後軸承潤滑油補油及油泵動作檢查。
    - 5) 主軸承注油及廢油清除。
    - 6) 齒輪箱取油化驗、內部齒輪磨耗檢查及潤滑油 filter block 壓力檢查。
    - 7) Torque arm 間隙及 rubber spring 檢查。
    - 8) VCS 冷卻系統檢查。
  - c. 10/11 日，星期三
    - 1) 齒輪箱油泵動作檢查。
    - 2) Pitch 動作測試：
      - I. Negative pitch end stop test。
      - II. Positive pitch end stop test。
      - III. Positive pitch adjustment test。
      - IV. Negative pitch adjustment test。
      - V. Positive flow test。
      - VI. Negative flow test。
      - VII. Sine test(Travcing test)。
    - 3) 緊急迴路(Emergency circuit)動作測試。
    - 4) 振動感知器(Vibration sensor)動作測試。
    - 5) 斷路器跳脫(Breakers trip)試驗。
    - 6) 迎風系統檢查及維護：
      - I. 軸承垂直及水平間隙檢查。

- II. 軸承潤滑油清潔及補充。
- III. 轉向馬達及煞車檢查。
- IV. 轉向齒輪潤滑油清潔及上油。

d. 10/12 日，星期四

- 1) 齒輪箱與發電機間連軸器及玻璃纖維積層板清潔及裂痕檢查。
- 2) 發電機碳刷清潔及查檢。
- 3) Brake 液壓系統洩漏及來令片厚度檢查。
- 4) 發電機 speed sensor 檢查。
- 5) 齒輪箱高速端溫度 sensor 及油溫 sensor 檢查。
- 6) 發電機 RPM test。(RPM tracing test)
- 7) Over speed test。
- 8) VOG(Vestas Over Speed Guard )test。(齒輪箱低速端齒輪超速跳脫)
- 9) 控制器電池更換。

e. 10/13 日，星期五

- 1) 參觀介紹 V80 風機之機艙內部與比較 V66 之不同。
- 2) 觀摩風機現場葉片噴漆處理。

以上訓練時數共計二週，基礎理論和故障排除訓練 VESTAS 公司因技術保密和智慧財產權之因素，採限制照相，且講義亦限制；現場參與維護，其維護參考手冊亦予以限制使用。



## 參、 國外公務之心得

### 一、 基礎理論訓練

#### 1. 安全設備:

安全帶如圖 1，有防振吸收器使人員從 20Kg 減振至 5Kg，安全帶常用時其壽命為 2 年，最長為 6 年；安全帶不可放置在陽光下，需存放在陰涼處所。如果有人員工作不慎在安全帶幫助下使人員安全，此安全帶需更新，不可再重複使用。因安全掛勾(D-Link)處會產生變形，D-Link 之安全性不足，將造成人員重大傷害。在使用安全帶前，工作使用者應自行檢查，如發現掛勾處有變形應立即更新以確保自己的安全。在機艙頂端工作，頂端有提供掛勾處之橫桿，桿之兩端切記不可使用掛勾，因其支持力不足，無法承受人員之重力。



圖 1 安全帶及工作安全繩

工作人員需有逃生訓練，且經實際由機艙正確使用逃生繩(Res Q，長 150M 是丹麥政府規定，因目前設備 2MW 塔高 67M， $67M \times 2 < 150M$ )。一般此 RES Q 置於緊急救護箱內，逃生或人員無法自行由梯上下時使用，此設施無需電力，完全由人力自行操作或由他人代操作。滅火器(乾粉，A、B、C 類)、救護箱在風塔上不可缺少，亦應注意有效日期，以備緊急救護之用。工作人員定期接受訓練，能正確且快速使用，確保工作人員本身的安全。

#### 2. V80 風力發電機:

##### A. 風力發電機構造

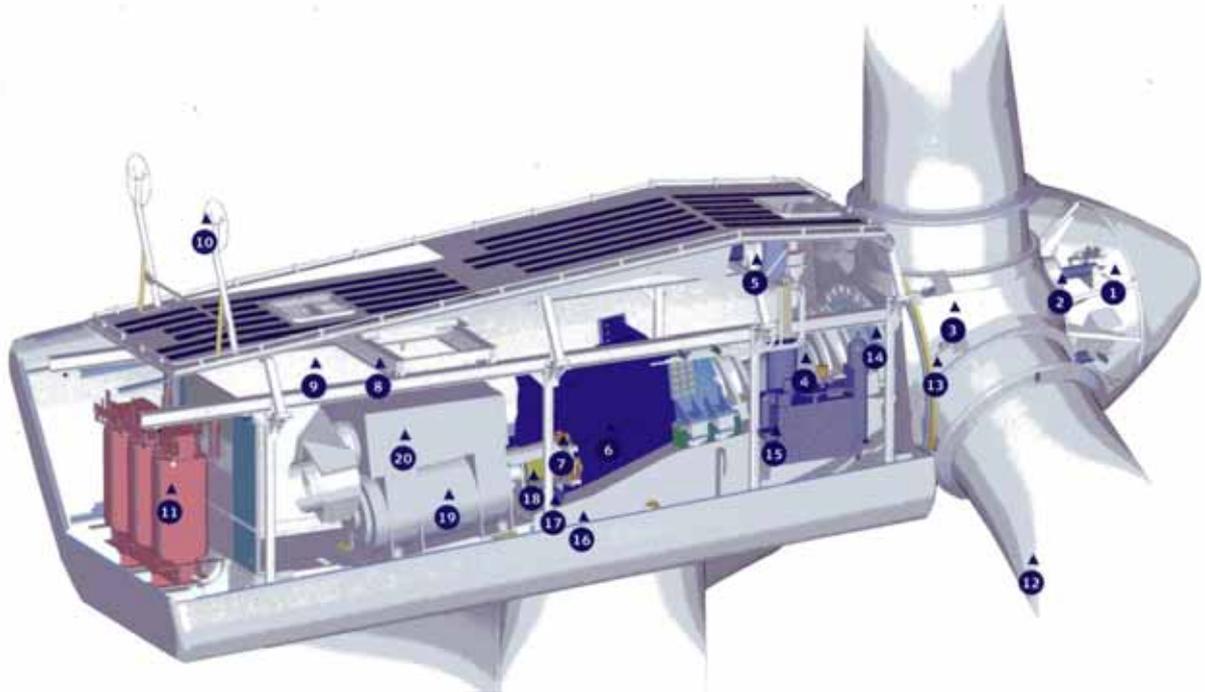


圖 2 V80 風機構造 (取自 Vestas V80-2.0MW 型錄)

①輪轂控制器	②旋角油壓缸	③葉片輪轂	④主軸
⑤油冷卻器	⑥齒輪	⑦機械碟煞	⑧吊車
⑨VMP 機艙控制器含轉換器	⑩超音波風計	⑪高壓變壓器	⑫葉片
⑬葉片軸承	⑭轉子閉鎖系統	⑮液壓單元	⑯機器基礎
⑰迎風齒輪	⑱組合碟盤連接器	⑲OptiSpeed®發電機	⑳發電機用空氣冷卻器

### B. 風力發電機系統功能：

- a. 迎風控制系統:使葉片始終面向風來之方向。
- b. 葉片旋角系統:控制葉片旋轉角度，以達轉子起停目的。
- c. 避雷系統:在葉片末端裝設金屬以接收電擊，並送至地下。
- d. 控制器系統: 控制保護整部機組之運轉。
- e. 發電及傳輸系統:含變壓器、電力轉換器等。

為有齒輪箱之發電系統，齒輪箱及發電機均為量產品，易於取得更換。且設備簡單易於保養，性能較穩定。但其發電進入 CUT IN 風速較高(4m/sec)，需保養齒輪箱及齒輪油，保養時需爬至機艙外。

風機運轉發電會產生噪音，Vestas 設計有不同噪音之風機供選擇，如圖 3，有 105.1dBA、104.0dBA、102.5dBA、102.0dBA、101.0dBA 等 5 種機型，噪音愈低者需較充沛之風力。在 101.0dBA 之機型，其配備有 OptiSpeed®，圖 4 明顯指出低噪音的回轉速度因效益影響約在風速 4m/s 到 8m/s 間有噪音差 7dB(A)。在實際運用上，距離 340m(輪

較離地 78m)處，噪音可從 44.5 降低至 40.4dB(A)——約降低大於一半音階能量。由此可知低噪音型風機安裝處仍需遠離村莊，才能避免影響居住環境品質。

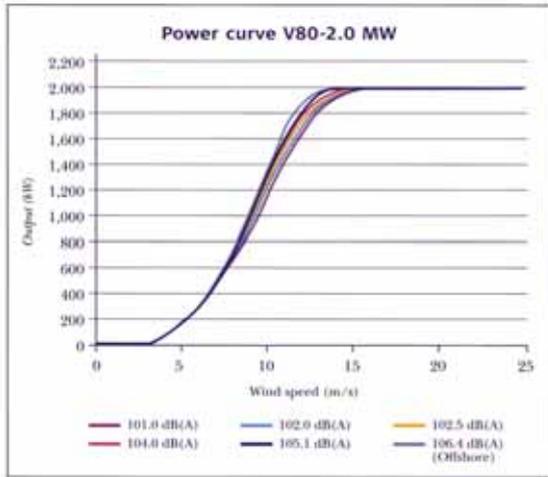


圖 3 噪音與風速與輸出關係  
取自 Vestas V80-2.0MW 型錄

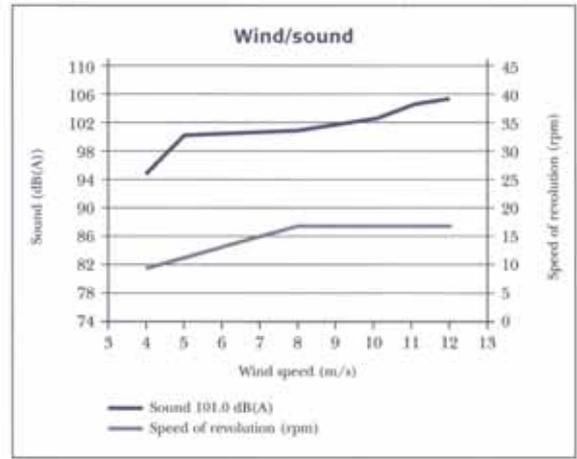


圖 4 噪音與風速關係  
(取自 Vestas V80-2.0MW 型錄)

### 3. V80 風機控制:

#### A. 風力發電單線圖，如圖 5。

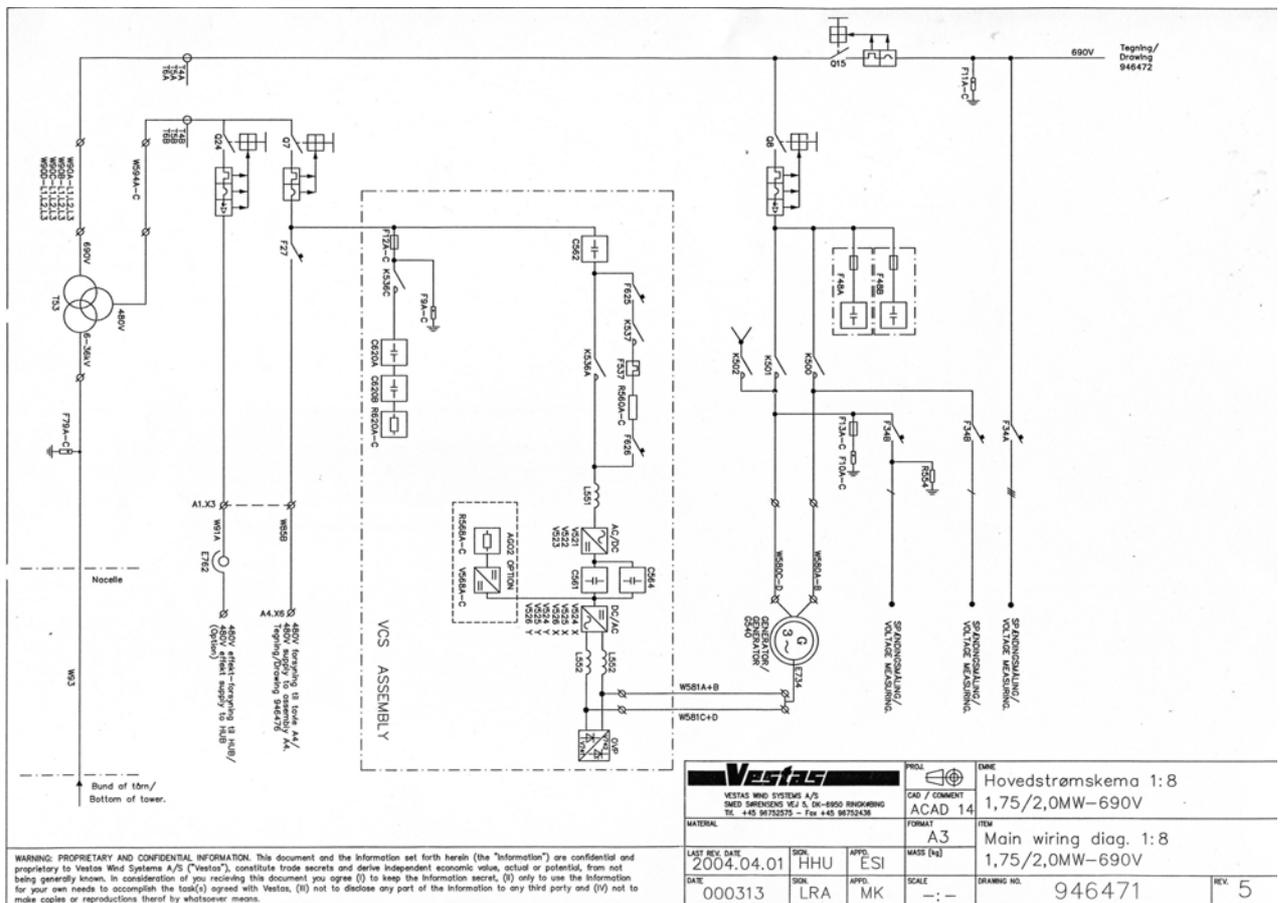


圖 5 風力發電單線圖(取自 Vestas VCS 訓練講義)

## B. 溫度迴路(圖 6)

在風機中溫度迴路控制著控制器的電源，如迴路故障，風機無法運轉。此回路有 3 個主要電路，(1)頂端 VMP、VCS 控制器箱溫度、地面控制器箱溫度，(2)輔助電源，和 (3)控制器動作正常。當 DC 電源加壓，輔助電源燈 H943 亮 ON。地面控制器(Ground controller)之溫度高於 0°C，B304 動作 ON，使得 RY D304 動作。機艙控制器(Top controller)之溫度高於 0°C，B305A 動作 ON，使得 RY D305A 動作。VCS 控制器(VCS controller)之溫度高於 0°C，B305B 動作 ON，使得 RY D305B 動作。當 D305A 和 D305B 都動作後，延時電驛 K330A 動作。使得溫度燈亮(temp. ok)，同時啓動 Watch dog。Watchdog(K330)功能為當溫度高於 0°C，溫度電路由 K330A 動作 ON，Watchdog K906 內部動作 RY 1，使得 D906 動作 close，VMP 控制器啓動。VMP 控制器開始脈衝波(clock)信號，電腦 ok，H945 燈亮。當脈衝波信號消失係因電腦軟體錯誤，Watchdog 動作閉合 RY2 回饋至 VMP，經 15 秒後 RY1 開啓 open；經 5 秒後 RY1 閉合，電腦 ok，H945 燈亮。實驗室模擬 K906 斷線故障、D305 繼電器故障、選擇開關 Q8 斷線故障等查修找出問題點。

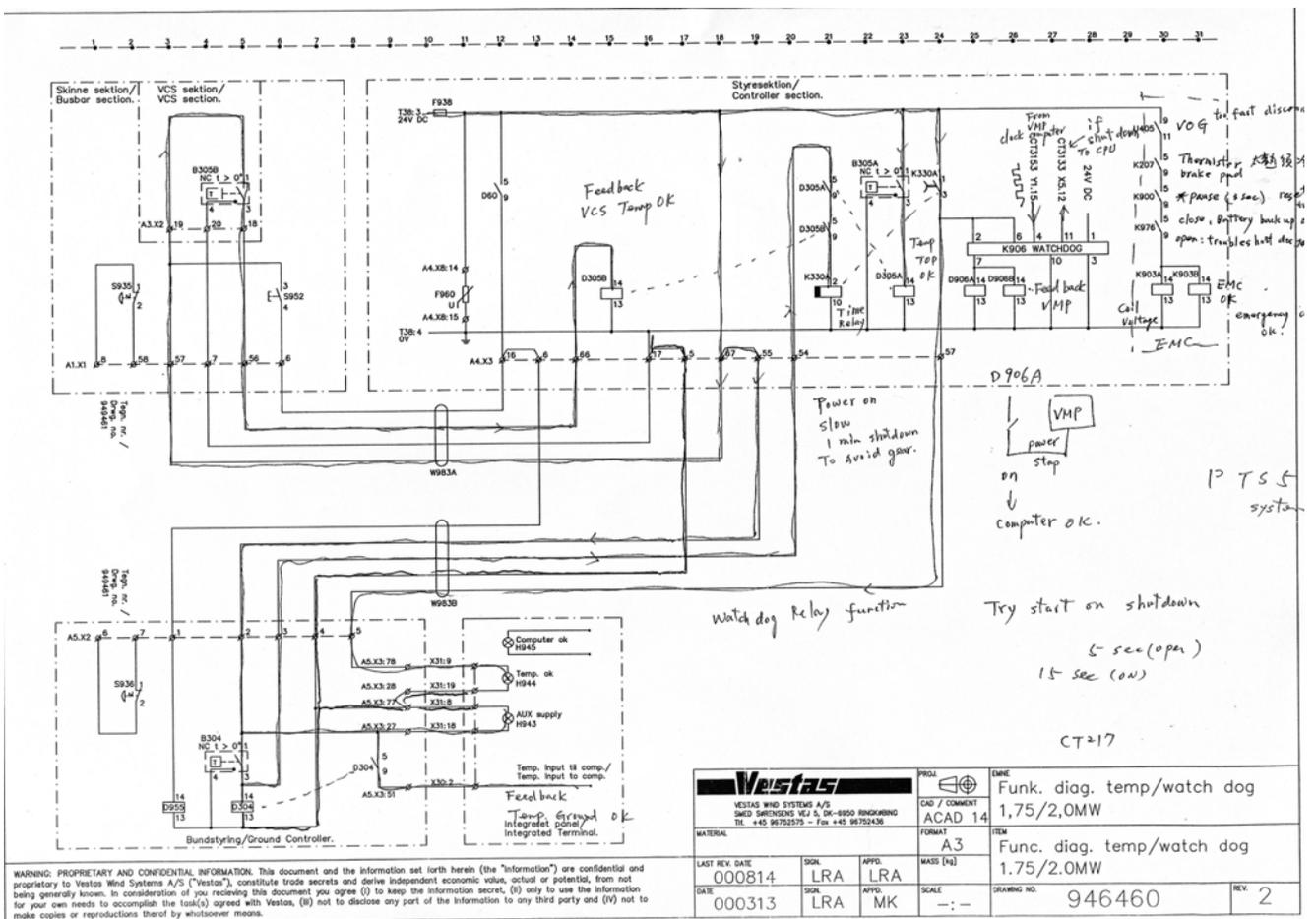


圖 6 溫度/Watchdog 電路(取自 Vestas VCS 訓練講義)

## C. 緊急/電池備用迴路(圖 7)

當風機 AC 電源消失時，風機將立即無法控制，將造成重大傷害。為避免此傷害發生，設計有緊急備用電路，電源改由電池提供約有 10 分鐘，使機組有充分時間停機。主要迴路有(1)27.3VAC 電源供給，(2)電池直流電源供給，(3)電氣煞車電磁閥電路，(4)緊急停止電路，(5)自動切換電路。實驗室模擬 S935 斷線故障、K974 繼電器故障等查修

找出問題點。

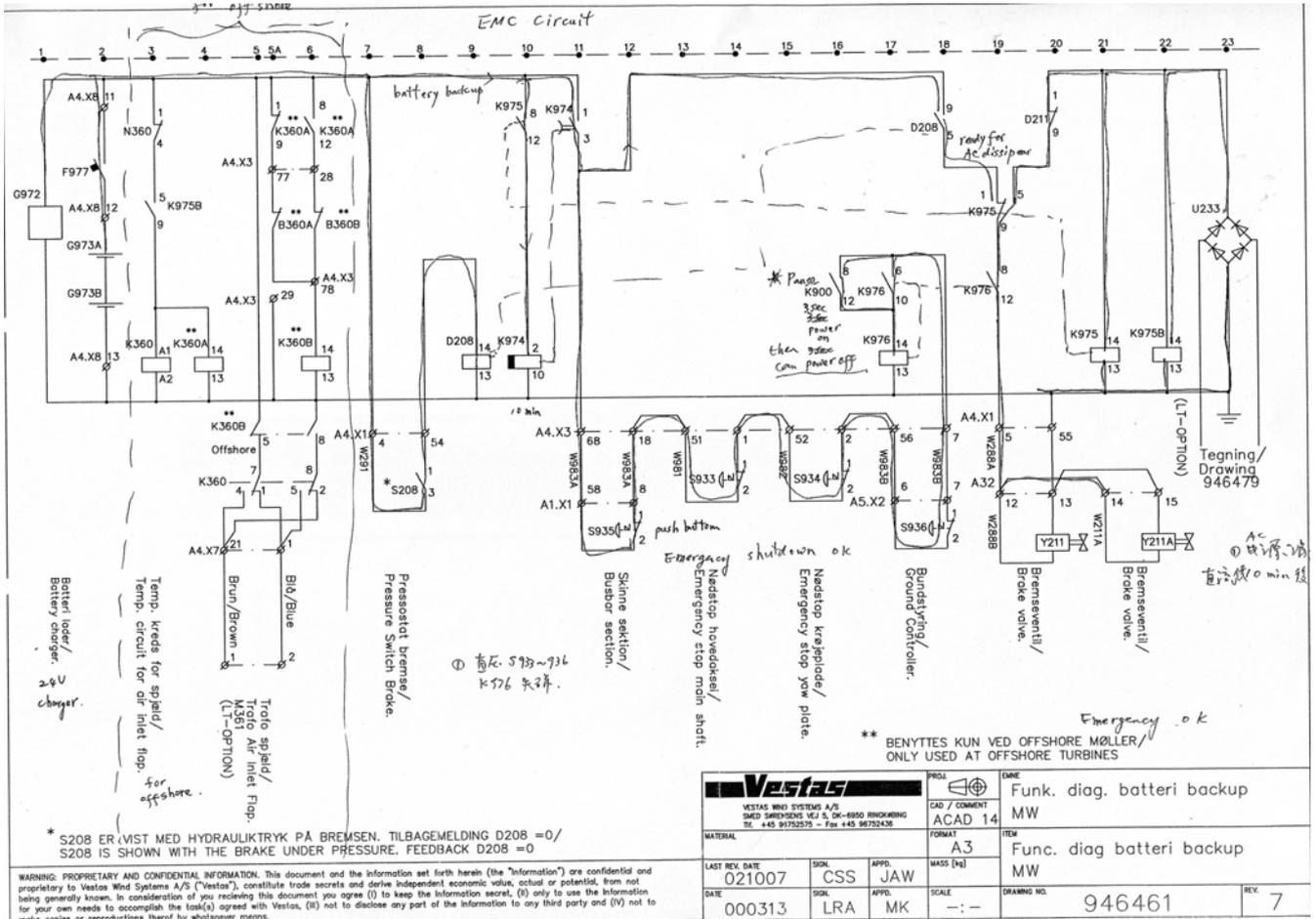


圖 7 緊急/電池備用電路(取自 Vestas VCS 訓練講義)

D. 控制器



圖 8(A) 控制器



圖 8(B) 操作介面

VMP5000 控制器共四種，有輪轂、機艙、地面和 VCP 控制器。

輪轂控制器主要功能：(1)三個旋角系統的旋翼角度輸入，(2) 輪轂控制器和輪轂的溫度輸入，(3) 輪轂的液壓控制信號輸入，(4)輸出至旋角系統的電磁閥，(5)計算溫度、風速、發電機、轉子速度、旋翼位置、液壓和風向，(6)監視旋角系統是否故障，(7)輸入/計算/登錄，雷擊偵測系統，(8)GPS 時間輸出至機艙控制器供給風機同步時間使用。

機艙控制器主要功能：(1)溫度、風速、發電機、轉子速度、旋翼位置、液壓和風向的輸入，(2)迎風控制、振動、煙霧偵測等數位信號輸入，(3)輸出至液壓泵和液壓冷卻，(4)輸出至齒輪油冷卻和加熱，迎風，(5) 輸出至發電機冷卻和加熱，(6) 計算溫度、風速、發電機、轉子速度、旋翼位置、液壓和風向，(7)控制和檢查航空障礙燈，(8) 控制和檢查升降梯(helihoist)，(9)書出類比信號，(10)控制液壓系統(泵和電磁閥)，(11)控制自動迎風系統，(12)控制齒輪油，發電機和變換器冷卻系統，(13)控制機艙空調系統，(14)與機艙內操作控制面盤通訊，(15)監視風機故障，部分基本資料接收於輪轂和 VCP 控制器，(16)安全系統：緊急停止，Watchdog 和過速警衛(VOG)。

地面控制器主要功能：(1) 監視風機故障，部分基本資料接收於機艙、輪轂和 VCP 控制器，(2) 操作控制面盤和遠方監視系統通訊，(3)控制和檢查高壓開關，(4)監視不斷電裝置(UPS)，(5)安全系統：緊急停止。

VCP 控制器主要功能：(1)登錄/計算電流、電壓、電力、頻率、和零點交越偵測，(2)控制和監視變換器，(3)與地面/機艙控制器通訊。

V47 風機控制器之操作模式有 1~42，其中模式 1~9 為公用開放之監視模式，模式 11~42 為維護模式。V80 風機控制器之操作模式有 1~70 其中模式 1~9 為公用開放之監視模式，模式 11~70 為維護模式。維護模式進入時需使用密碼，是為防止人為未經製造廠同意而任意變動參數，造成違害風機運轉，涉及保固條款，有關商譽。如這條件消失，VESTAS 願意提供維護密碼給買家。攜帶型控制器操作“ENTER”是操作權移轉；“ENTER”是操作權回復。如忘了操作權回復，則將主控制器的電源切離後復電之 Offset 運作，即可將控制權回復至主控制器。更換電池時，控制器不可斷電；否

則控制器內的記憶體會因斷電而無法保持資料，程式消失。控制器將需重新輸入程式，累計器將因斷電而全歸 0，無法保持。

Service box VT188150 (CT291)為攜帶型控制器有利於現場定期保養維護和故障檢查操作，可用於 V47 和 V80 等各機型。

### E. VCS 轉子電力轉換器系統

VCS(Vestas converter system)(Opti speed)主要控制元件如圖 9，使用 VCS 的優點為(1)在低風速下有最佳的葉片輪廓，(2)累積動能在轉子，(3)功率因數  $\cos \phi = 1.0$ ，(4)變化的速度：較低負荷於塔架上和推動的風力，可能產生較低的噪音(NMRS)，(5)輸出電力 KW 可精確控制。以 V80 為例，當轉子機械速度小於轉子磁場速度時，定子線圈最大輸出 1.8MW；當轉子機械速度大於轉子磁場速度時，轉子線圈亦可輸出電力，最大可提供有 200KW 輸出。如此，V80 風機最大輸出電力 2.0MW。電力轉換輸出會產生諧波噪音，顯示如同高頻的正弦波，諧波噪音在系統的線圈上產生熱，使繼電器或電磁閥較容易損壞。AGO(Anti grid option)為當系統故障，風機通過故障期間，再與系統並聯輸出電力。V80 使用 AGO2 模式，當系統從滿載脫離，受系統短路跳脫，使用 AGO2 模式，風機繼續運轉維持有 150ms，K500 仍與系統並聯中，當系統短路故障排除，風機立即恢復發電，於 150ms 期間使電力恢復 80%出力。控制器使用 VCP 處理器，輸入並計算電流、電壓、電力、頻率和零點跨越檢出，且控制和監視轉換器及與地面/頂端處理器之通訊。實驗室模擬 K500 回授接點信號斷線故障，、K974 繼電器故障等查修找出問題點。

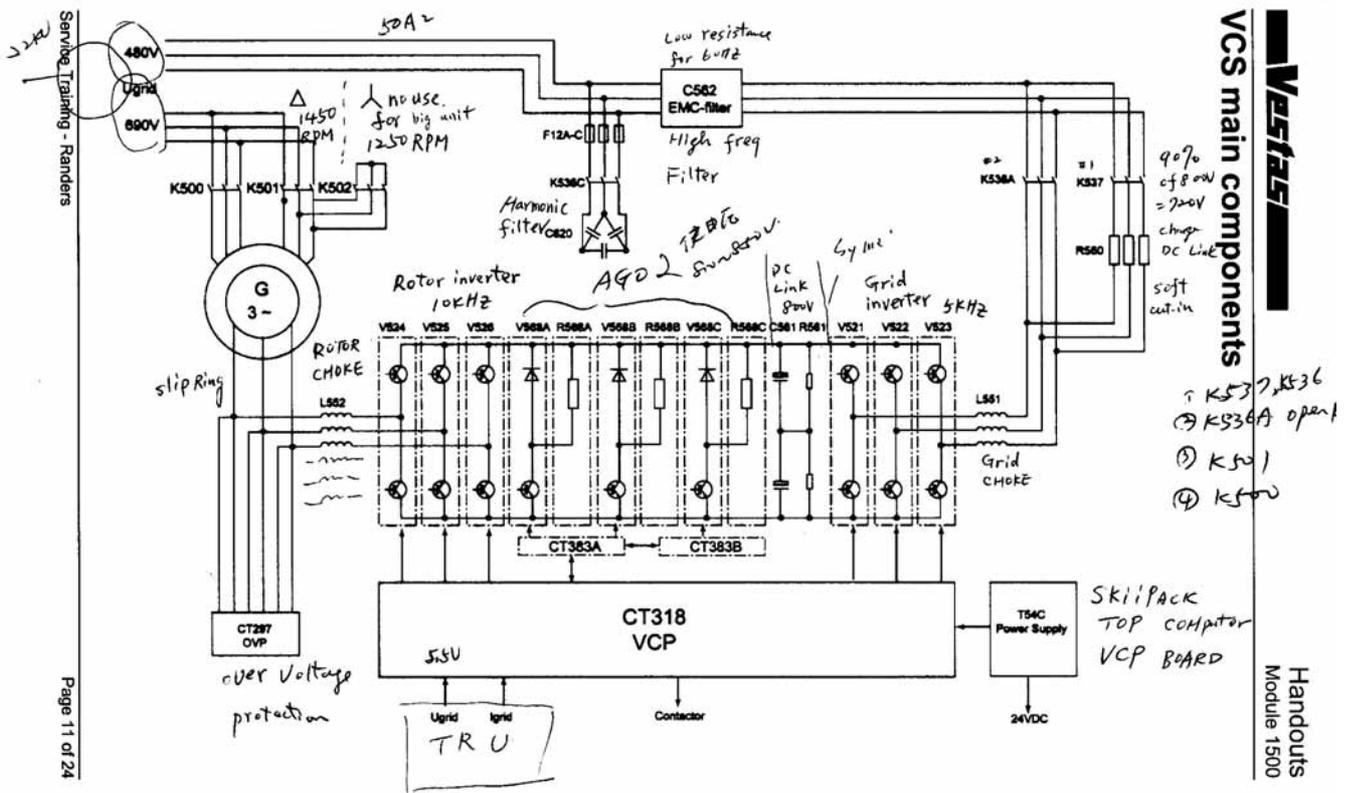


圖 9 VCS 主要元件圖(取自 Vestas VCS 訓練講義)

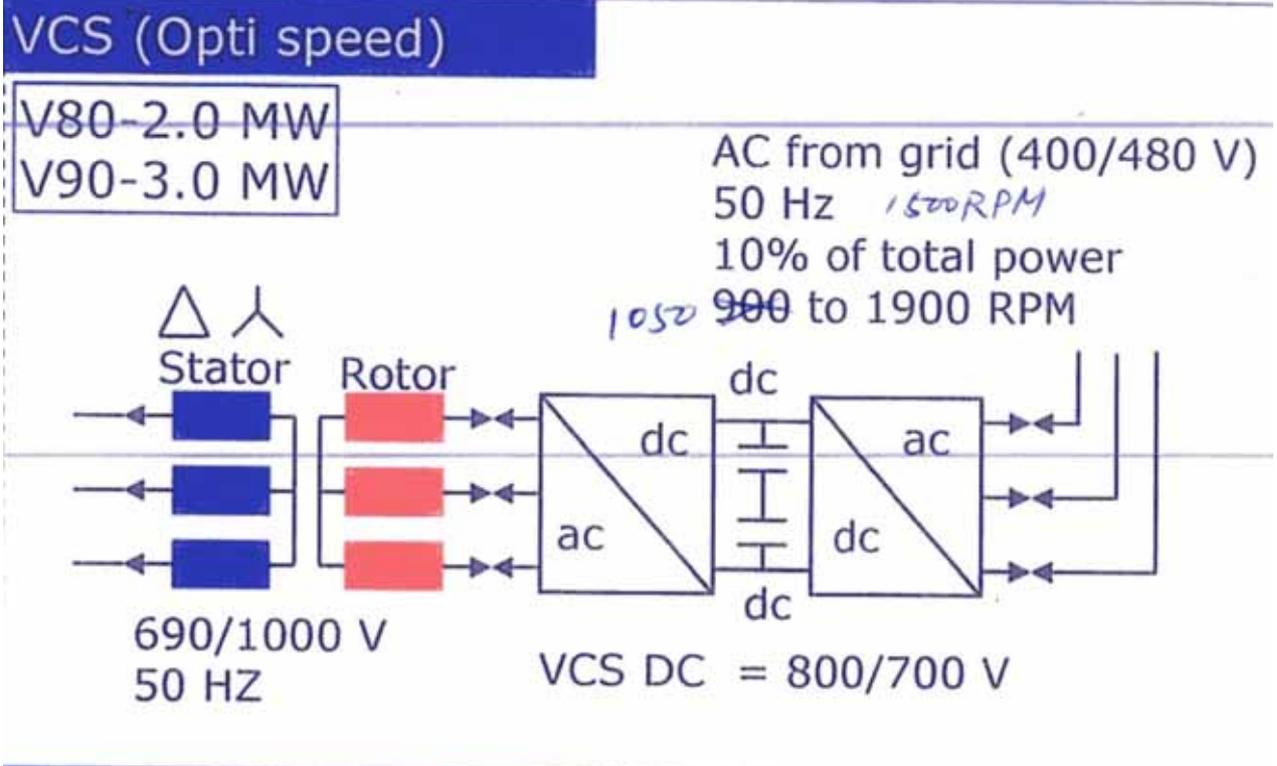


圖 10 轉子電力轉換輸出方塊圖(取自 Vestas VCS 訓練講義)

VCS 故障檢修程序步驟如下：

Menu 1(overview)→示窗的文字敘述



Menu 9(alarm log)→警報記錄的文字敘述；如無發現，再從 Menu 8(記錄)中尋找



Menu 17.3 & 17.4 查錯誤之旗標(flag)



復歸錯誤(按 \* pause)



Menu 8(記錄)記下錯誤編號



在 VCS 之 Error and logist 尋找錯誤訊息問題



從圖面中找故障點，更換零件。

#### D. 旋角控制系統

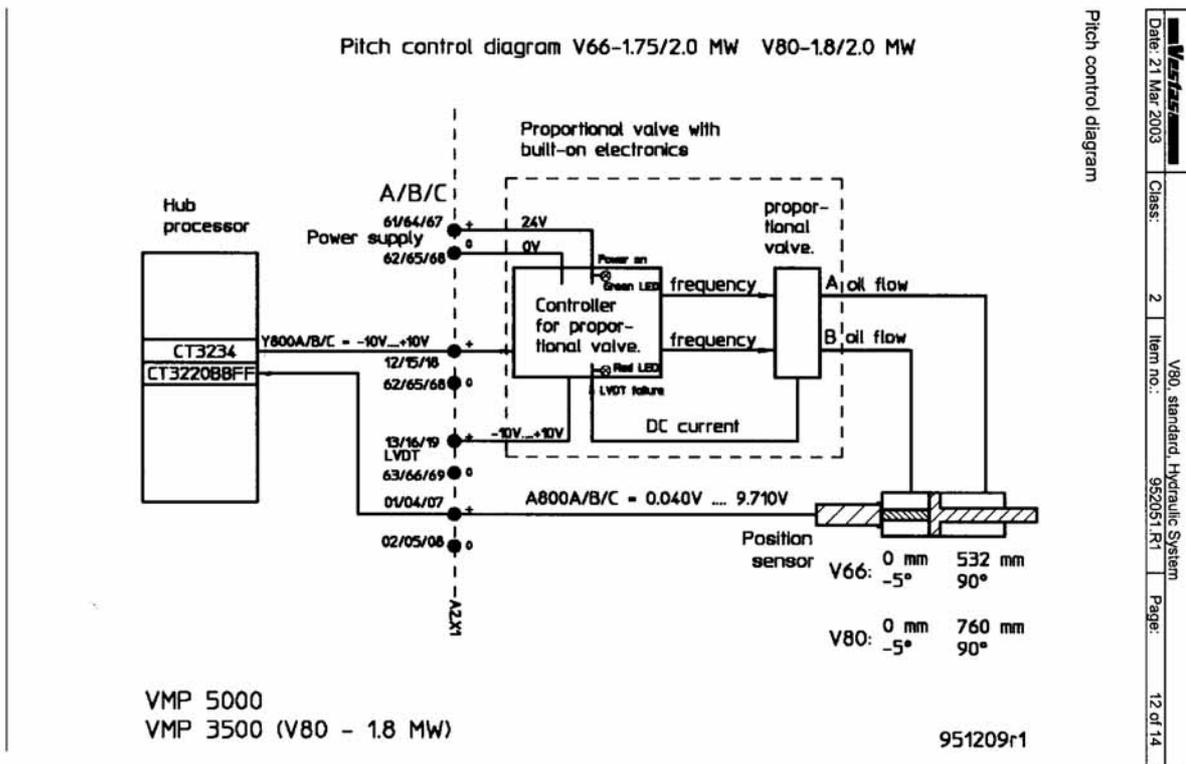


圖 11 旋角控制器方塊圖(取自 Vestas VCS 訓練講義)

旋角控制器如圖 11，輪載處理器輸出控制信號至比例閥控制器，經比例閥至旋角伺服器，伺服機的位置回授至輪載處理器，為一回授控制器，可精確控制旋角角度，控制角度為 $-5^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ，其壓油控制管路圖 12。

$90^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$

- 1 所有電磁閥在正常狀況下加壓
- 2 油壓正常
- 3 比例閥送電( $90^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$ )，壓油送至伺服機油壓缸
- 4 油壓缸之 PISTON 移動至  $0^{\circ}$  位置，回油至油槽。

$0^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$

- 1 比例閥送電( $0^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$ )，壓油送至伺服機油壓缸正側
- 2 油壓缸之 PISTON 移動至  $90^{\circ}$  位置，回油從油壓缸負側到系統
- 3 回油從油壓缸負側在壓油管路再循環到油壓缸正側

EMC

- 1 油泵斷電和閥被切換
- 2 系統蓄壓器和旋角蓄壓器將壓油傳送到油壓缸
- 3 壓油在 pilot 管線開啓 5V3 閥，使油可流回油槽
- 4 油壓缸移動和油流回油槽
- 5 如有足夠的回流油壓，回流油會在油壓缸再循環。

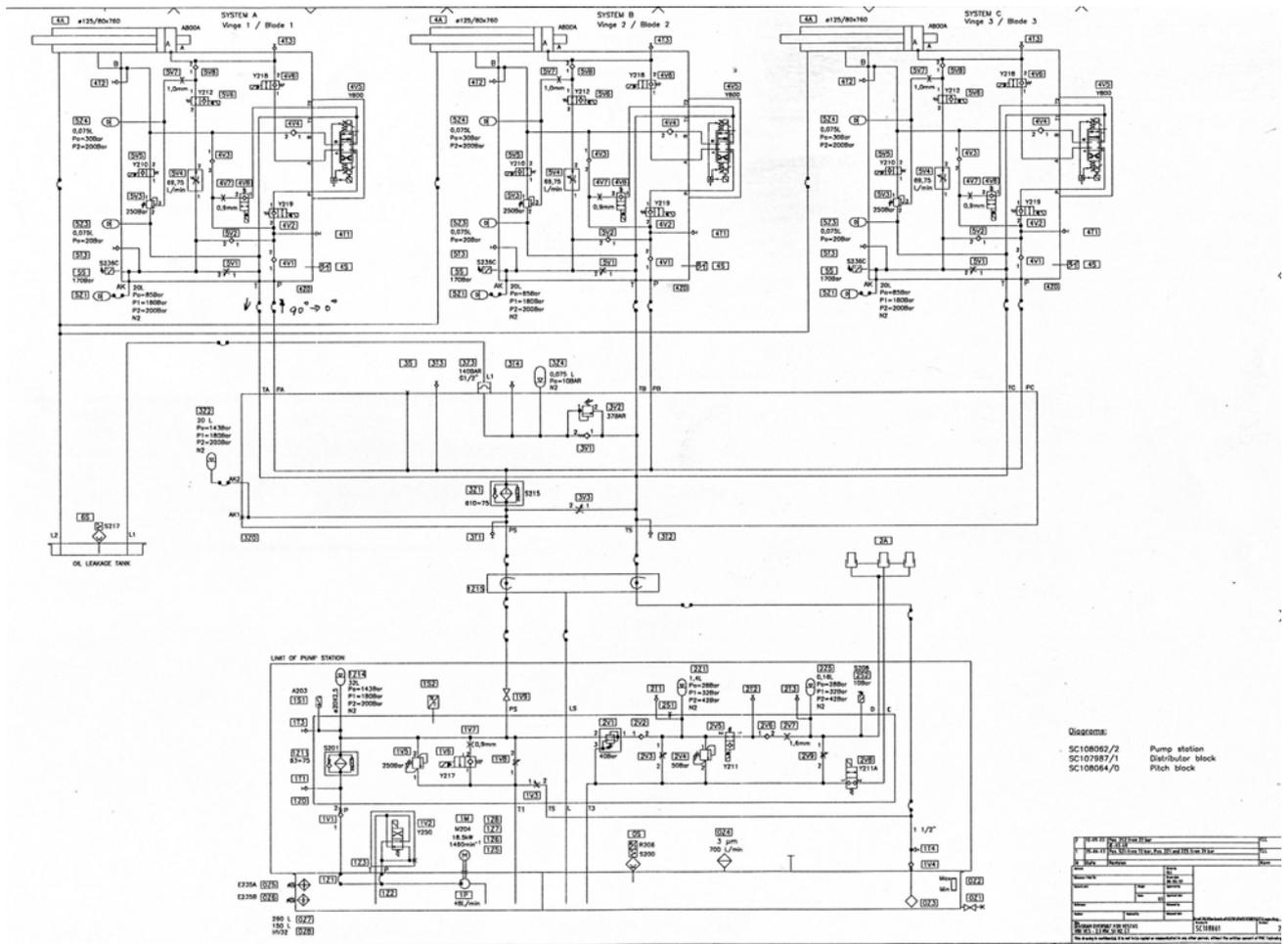


圖 12 V80 旋角控制壓油管路圖(取自 Vestas VCS 訓練講義)

#### 4. 參觀風機組裝測試工廠

至 Ringkobing 參觀 Vestas 風機組裝測試工廠，在此有研發中心，預定明年將招募有 500 人參與。廠方嚴禁使用相機、錄影帶，並需在指定參觀路徑上，不可脫離，否則終止參觀。內容有

- 1 葉片研磨：使用研磨機械再輔以人工。
- 2 製程管制：現場環境清潔，工作區域整齊、整潔有序。輪轂製造區，當有清潔過程，技術員必戴防塵面罩。大部分元件製造區僅有 1 人管理和做清潔加工處理，製造設備有簡易操作提示。機艙組裝測試，各單元有品質管制，組裝完成亦作測試，工廠之品質管理相當嚴謹。
- 3 材料倉庫：倉庫在測試組裝廠區內，材料能快速取得。不良轉子有 7 支暫放於倉庫，經詢問是因內部有瑕疵無法通過品質管制，將以不良廢棄物處理。

#### 5. 成果

VESTAS 公司授與結業證書如后。

# Certificate

No.: 068860009

## VCS

It is hereby acknowledged that

**Mr. Yung-Chuan Liao, Taiwan**

in the period from 02.10.2006 to 06.10.2006 has received theoretical training and practical troubleshooting by Vestas Wind Systems A/S.

The participant has successfully passed the test and therefore has completed this special training module:

## VCS

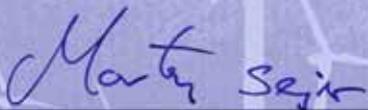
Covering: V52-850kW, V66-1,75MW, V80-2MW

After completion of the training period the participant will have knowledge of or be able to carry out the following:

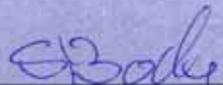
### The participant

- has a detailed knowledge of the Vestas wind turbine, its structure and components.
- is able to carry out the daily maintenance of the wind turbine.
- is able to carry out troubleshooting, locate and repair faults in the control system of the wind turbine.
- by means of the manuals is able to communicate with Vestas service department and order necessary spare parts.

Date: 06. October 2006



**Instructor Technical**  
Service Training  
Vestas Wind Systems A/S  
Morten Juhl Sejer Nielsen



**Manager**  
Service Training  
Vestas Wind Systems A/S  
Steen Bode

www.vestas.com



## Service Training – Vestas Wind Systems A/S

*Due to technical improvements this certificate is only valid 2 years from written date.*

# Certificate

No.: 068860008

## VCS

It is hereby acknowledged that

Mr. Gu Wen Lu, Taiwan

in the period from 02.10.2006 to 06.10.2006 has received theoretical training and practical troubleshooting by Vestas Wind Systems A/S.

The participant has successfully passed the test and therefore has completed this special training module:

## VCS

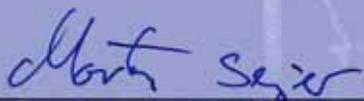
Covering: V52-850kW, V66-1,75MW, V80-2MW

After completion of the training period the participant will have knowledge of or be able to carry out the following:

### The participant

- has a detailed knowledge of the Vestas wind turbine, its structure and components.
- is able to carry out the daily maintenance of the wind turbine.
- is able to carry out troubleshooting, locate and repair faults in the control system of the wind turbine.
- by means of the manuals is able to communicate with Vestas service department and order necessary spare parts.

Date: 06. October 2006



**Instructor Technical**  
Service Training  
Vestas Wind Systems A/S  
Morten Juhl Sejer Nielsen



**Manager**  
Service Training  
Vestas Wind Systems A/S  
Steen Bode

www.vestas.com



**Service Training – Vestas Wind Systems A/S**

*Due to technical improvements this certificate is only valid 2 years from written date.*

## 二、 現場參與定期保養實習(現場地點：Esbjerg)

- 1 使用車輛，車上有工具室、備品、小倉庫、簡易修理桌、電腦連線風機、維護手冊、洗手設備等



維護車 A



維護車 A 前座



維護車 A 車箱內佈置應用



維護車 A 車箱內佈置應用



維護車 A 前側門佈置應用



維護車 A 前側門佈置應用



維護車 A 後門佈置應用



維護車 A 後門佈置應用



維護車 B



維護車 B 前座



維護車 B 前側門佈置應用



維護車 B 車箱內佈置應用

2 保養工具、午餐及安全裝配，V80 機型塔內之吊籠或電梯為選購品，可隨時另購。上風塔工作，午餐及小便皆在風塔解決。雖使用電梯，仍需帶安全帶以確保工作安全。



工具、午餐準備上塔架



工具下塔架



V66 塔內的電梯



塔內的爬梯



穿戴安全帶及使用安全繩於塔頂



穿戴安全帶及使用安全繩於塔頂



工作前穿戴安全護具



V80 塔內之吊籠

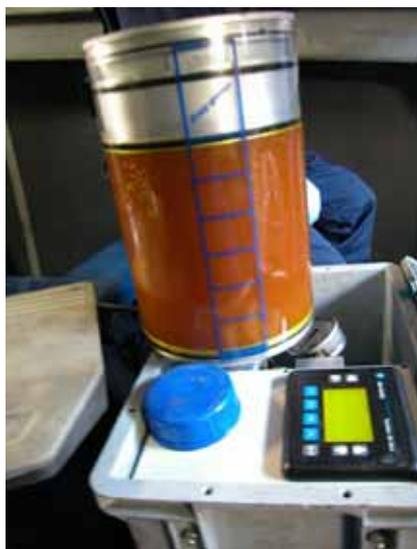
3 Pitch 軸承潤滑油更換及洩漏檢查，加潤滑油需配合維護模式操作控制器，潤滑時旋角要不停地在動作，且隨時保持機艙清潔；油污需清拭，以利徵狀檢查。



手動煞車閉鎖裝置



加潤滑油工具一分配器



加潤滑油工具一定量泵



加潤滑油工具一校正筒



旋角軸承廢潤滑油收集罐拆卸



旋角軸承廢潤滑油收集罐清潔



旋角軸承加潤滑油前準備



旋角軸承加潤滑油

4 液壓油系統壓力檢查、過濾器更換，蓄壓器壓力檢查，壓力不足時需氮氣補充。



輪轂內 pitch 用蓄壓器



壓油系統

5 超音波風計檢查及葉片檢查，需配合維護模式操作控制器，旋角系統轉動且葉片有轉速。



超音波風向風速計手握發設端檢查是否發熱



葉片目視檢查(維護模式旋角系統動作中)

6 發電機前後軸承潤滑油補油及油泵動作檢查



潤滑油直接注入發電機軸承



潤滑油注入發電機軸承貯油槽

7 主軸承注油及廢油清除



主軸承注油



主軸承廢油收集槽需清潔處理

## 8 齒輪系統檢查



齒輪箱取油化驗



潤滑油 filter block 壓力檢查



齒輪箱內部齒輪磨耗檢查工具



齒輪箱排油閘閥



來令片厚度、間隙檢查



連軸器及玻璃纖維積層板清潔及裂痕檢查

9 VCS 控制系統檢查，開箱時需停電，Pitch 動作測試依維護模式進行，緊急停機和斷路器跳脫檢查，復電須至控制箱，並低溫 sensor 噴冷凍氣，檢查加熱器動作。



K501 啓動開關器



DC LINK



K500 併聯開關器



VCS 控制器



TR 變壓器



INVERTER 變換器



Q8 斷路器



Q7 斷路器

### 10 發電機轉子滑環檢查



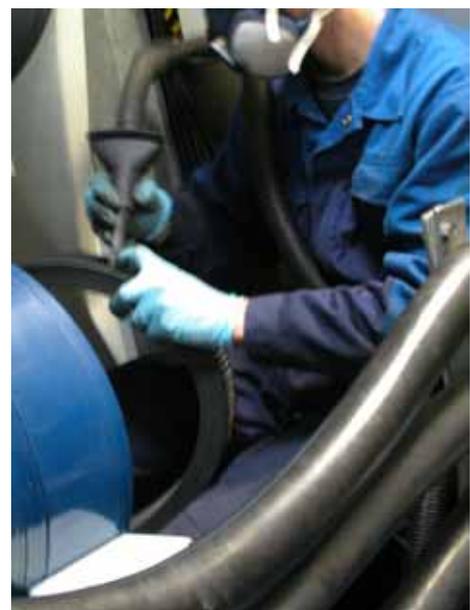
碳刷厚度量測



新碳刷



過濾器拆解



過濾器清潔

## 11 迎風系統檢查



刮除舊潤滑油



齒輪檢查



塔架與機艙座潤滑油清潔



塔架與機艙座間隙及墊板量測



塔架與機艙座固定塊需量測螺栓 Torque



帶動馬達檢查

12 風機現場葉片噴漆處理



吊車固定



操作告知



處理過程



處理過程



處理過程



處理過程

#### 肆、 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

風機維護為公司新能源技術的引進，原廠的維護工作訓練是必須的。本次出差至丹麥國參加彰工風力機採購含原廠維護工作訓練，為期 2 週 12 天(未含路程)，含路程超過規定出國 15 天，日用費(含吃住交通費)全部打 5 折，每日費用 94 美元約 3000 元新台幣。但丹麥為高消費國家，單人住宿需要 500 丹麥克朗以上，約需新台幣 3000 元以上，在人生地不熟的丹麥要單獨找住宿相當困難，且又無交通工具，吃都需在旅館附近，公司給予的日用費(94 美元)實不敷使用，只能另類思考，犧牲奉獻參加訓練。

#### 伍、 建議事項

一、風力發電對我公司為新能源技術，各國政府鼓勵設立，使市場形成需求多於供應，呈現賣方市場。製造廠對技術高度保密，對保養技術亦採取技術限級轉移；使用者需仰賴原廠；但各使用者想盡方法突破技術圍牆爭取保養技術自主化，進而自行改善使風力機適應本地化。因此建議維修策略如下

1. 組織有經驗之技術團隊配合技術移轉，建立風機自主維修核心能力。
2. 維護人力朝向一人具備多種技術能力，減少人力及工時，降低維護成本。因風機雖小但機、儀、電和控制都具備，且工作狹小不適合多人一起維護，上下塔梯又消耗甚多體力。
3. 引進原廠維修管理制度。快速的派員，機動至現場，工時追蹤，保養故障檢修資料庫建立。
4. 集中管理庫存備品。但因風機單獨發電量小，但數量多，且分散各地，集中管理，分散儲存，減少庫存備品成本壓力。
5. 風機保養技術訓練證照化。
6. 建構風機高空工作安全作業環境。

二、技術研發，因風力發電為新興綠色能源，各國都極力建造開發，風機製造廠更為永續經營努力，在操作及維護訊息上雖讓使用者更方便和更容易，但在技術保密或智慧財產權下，軟體程式設下層層關卡確保其技術不被複製抄襲，控制器硬體更是獨家設計生產。Vestas 公司有提到，該公司會將如何維護定期保養做技術移轉，如果損壞，該公司可提供備品更換。維護技術只要會排除故障、更新及保養即可，不需要了解構造原理、控制器的軟體程式等技術。因此，公司期望風力發電技術移轉是相當高的目標設定，維護保養技術可透過合約從人力合作著手逐步移轉；並於維護保養工作中逐步收集資料，並先行針對消耗性材料能直接在台灣取得，備品仍須直接向原廠採購。以風機之構造及技術而言，轉子的能量轉換發電是新技術，避雷保護較少接處，其餘各子系統皆較容易摹仿製造，但系統整合更需多人合作。從 Ringkobing 設計中心招募數百人力的參與中，團隊合作在風力發電中是相當重要的一環，小機組是應用最新的科技，且不斷地引進新科技在改善創新。建議如風力發電要技術生根，首先要建立經營團隊，先從維護保養技術移轉中研討其技術原理，控制系統必需要由團隊獨自建構，避免侵犯專利、智慧財產權，將風力和太陽能發電結合應用，使綠色能源對電力系統穩定將有更大的助益。

#### 三、維護工作方針

1. 風力發電採用數位控制，所有測試、排除故障方法步驟重點/提示皆在維護模式中，又風機容量小，塔艙空間小，容許工作人員有限，以目前公司技術分類，如從事風機

之維護，需派遣多組且多匹人力在 2~4 天內完成定期保養或故障排除，而上下風機塔又會消耗甚多體力，如逢夏季，機艙溫度高，如此修護或保養方式，所費時間將為國外的 3~5 倍人日。建議風機維護人員必須同時具備有基本機械、電機、儀器和運轉之技術，再加上移動式三方視訊會議通訊技術將辦公室的專家系統能進入至風塔艙，讓風機維護保養人員能克服各種困難完成修護保養或診斷排除故障使命。

2. 本公司風機皆近海邊，且交通不便地點，維護人員進出困難。建議 3 人配備維護車乙輛，車上需有電腦可與風機控制器連線進入，方便保養備品取得和修護保養。且針對 VESTAS 風機維護，Service box VT188150 (CT291)是必備的工具，可用於 V47 和 V80 等各機型，為攜帶型控制器有利於現場定期保養維護和故障檢查操作，建議維護車需有此 Service box VT188150 (CT291)。
3. 本處目前僅有中屯#1~4 機進入自行定期保養，其餘尚在保固期，明年將有 40 部風機由本處進行定期保養和故障檢修，而風機控制器器進入維護模式的密碼尚未取得，仍完全依賴原廠，而原廠又因涉及保固條款責任，而不太願意告知。建議加強與原廠溝通取得維護密碼，讓本處維護人員能加強密集定期保養維護練習，使得保養技術能移轉順利成功。
4. 由於公司目前購有 5 種廠牌風機，各風機維護逃生救護工具略有不同，建議本處儘速委請原廠對本處風機維護人員施行下列基本訓練，且對安全防護設備的定期更新，使維護人員對風機工作安全更有保障。
  - (1) 緊急救護訓練 3 天/2 年
  - (2) 逃生繩訓練 1 天/1 年
  - (3) 船舶救生訓練 3 天/2 年 (離岸風機定期保養)
  - (4) 電氣傷害救護訓練 1 天/1 年
  - (5) 安全帶檢查及使用訓練 1 天/1 年
5. 建議對風機塔高於 60M 之塔內應配備有電梯或吊籠可供維護人員上下塔架，以避免人員消耗過多體力在上下塔梯，使工作人員能有更多的時間做維護保養工作，縮短保養日數，增加風機可用率。
6. 中屯和核一石門風場之風塔未見有逃生繩，建議風塔機艙內要設置，以建立工作人員之安全逃生路徑；另工作人員應有自用的安全繩(帶)。
7. 丹麥 VESTAS 風機定期保養多數委託原廠保養，其已累積多年經驗，風機定期保養正常工時都已建立。因此，建議本處在與原廠簽訂定期保養合作契約時，能有計劃取得原廠標準保養工時，以協助建立本處風機定期保養標準工時，供本處風機維護人員派工管理及風機保養時程安排之依據。