

出國報告（出國類別：海外承攬）

海外火力發電廠發電設備維修工程

服務機關：台灣電力公司電力修護處

姓名職稱：楊宗淇課長

派赴國家：美國關島

出國期間：112年10月6日～112年10月15日

報告日期：112年12月1日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：海外火力發電廠發電設備維修工程

頁數 18 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：楊宗淇/臺灣電力公司/電力修護處/

課長/(03)3281713

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：112.10.6 ~ 112.10.15

出國地區：美國關島

報告日期：112.12.1

分類號/目

關鍵詞：振動

內容摘要：(二百至三百字)

本案系由台灣機電工程服務社委託，執行關島 Cabras#2 機振動測試。原因為該部發電機於 2023 年 9 月發生匯流排 (busbar) 斷裂，經修復匯流排後發電機持續有高振動 (3.6 mil) 之狀況，又關島近來偶有全島輪流停電之情形，廠方希望能確保#2 機可靠運轉，避免關島電力全黑事件再次發生。

本處與關島 Cabras 電廠主管溝通後，隨後指派一位工程人員至 Cabras 電廠進行#2 機之振動改善工程。工程人員於 Cabras 電廠的訊號房經由電廠提供的振動量測儀器收集#2 機之振動訊號加以分析後，決定以最省時省力的加配重方法來改善發電機的高振動問題。

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

目錄

頁次

壹、 出國目的-----	1
貳、 出國行程-----	1
參、 過程-----	1
一、 台灣機電工程服務社簡介-----	1
二、 關島 Cabras 電廠簡介-----	2
三、 工作內容-----	3
肆、 心得及建議-----	4
伍、 振動測試報告-----	6

壹、出國目的

關島 Cabras 電廠#2 汽機已運轉 40 多年，近來因發電機高振動 (3.6mil) 恐有運轉安全之疑慮，經由駐廠人員 (財團法人台灣機電工程服務社) 之推薦，於 112 年 10 月 4 日下班後委託電力修護處進行該機組振動改善工作。

貳、出國行程

112 年 10 月 6~7 日	去程 (13:35 桃園 → 韓國 19:35 → 關島 01:05)
112 年 10 月 8~14 日	駐關島 Cabras#2 機振動測試
112 年 10 月 15 日	回程 (02:25 關島 → 韓國 10:35 → 桃園 12:10)

參、過程

一、台灣機電工程服務社簡介

1977 年 3 月台灣電力公司 (簡稱台電公司) 為與我友好國家進行電力技術合作，並承辦國內經濟建設及工業發展有關技術工作，報請經濟部核准設立財團法人台灣機電工程服務社 (簡稱台機社)，以承辦國內、外機電工程及環境保護工程之研究、規劃、勘測、設計、檢驗、裝設、施工、運轉維護及監督管理等事項業務，並對外技術輸出，以配合國家經濟發展。40 餘年來，台機社秉持誠信負責態度，致力於拓展海外業務，並期許發揮法人機構以服務社會之精神，對國家社會貢獻更多心力。

台機社與關島電力局 (Guam Power Authority, GPA) 簽訂 Cabras、Dededo、Macheche 以及 Yigo……等電廠的營運管理合約。台機社自受委託營運後，在專業團隊的管理服務下，各營運電廠機組的性能與可靠度都有大幅改善，這對關島的供電品質有相當大的助益。

電力修護處長期接受台灣機電工程服務社委託執行關島各電廠維修工作，由於維修品質良好及專精的技術人力，一直以來皆獲關島電力局的肯定與好評，此次受台灣機電工程服務社委託執行 Cabras#2 機之高振動改善工作，對於目前關島地區電力備載容量不足的情況下，其迫切性與必須性倍顯重要。

二、關島 Cabras 電廠簡介

Cabras 電廠 (圖一) 有 1 號和 2 號兩部燃油發電機組，以及 3 號和 4 號兩部柴油發電機組 (兩部柴油機組目前故障無運轉)，其中 1 號和 2 號兩部燃油汽輪發電機組為關島最大基載機組，兩部機組合計約佔關島總發電量 27%，且是關島最古老的兩個發電機組，已有四十多年的歷史，計劃於 2024 年 10 月底退役，並由新的 Ukudu 電廠於 2024 年 4 月上線。然而 2023 年 5 月的颱風 (Mawar) 損壞了 Ukudu 電廠的設備，以致 Ukudu 電廠的完工可能會推遲一年之久。目前 Cabras 電廠仍然需要滿足關島的日常能源需求，同時關島電力局也計劃延長其運營到 2025 年 10 月，屆時將永久關閉。



圖一 Cabras 電廠

Cabras#2 機 (圖二) 是一台臥式汽輪發電機，由一個高中壓汽機和一個低壓汽機帶動發電機來發電，其中發電機是氫氣冷卻式，最大發電量為 66 MW，轉速為 3,600 rpm，軸承形式為滑動軸承 (sleeve)，轉向為逆時針 (Turb->.Gen)，而在振動訊號量測方面於汽機部份安裝 6 個振動探頭，而發電機前、後各安裝 2 個振動探頭，另外在低壓汽機後面架設一組轉速訊號供量測分析。



圖二 Cabras#2 汽輪發電機

三、工作內容

本案系由台灣機電工程服務社委託，執行關島 Cabras#2 機振動測試。原因為該部發電機於 2023 年 9 月發生匯流排 (busbar) 斷裂，經修復匯流排後發電機持續有高振動 (3.6 mil) 之狀況，又關島近來偶有全島輪流停電之情形，廠方希望能確保#2 機可靠運轉，避免關島電力全黑事件再次發生。

本處與關島 Cabras 電廠主管溝通後，隨後指派一位工程人員至 Cabras 電廠進行#2 機之振動改善工程。工程人員於 Cabras 電廠的訊號房經由電廠提供的振動量測儀器收集#2 機之振動訊號加以分析後，決定以最省時省力的加配重方法來改善發電機的高振動問題。

加配重對於發電機後側 (EE) 有較好之效果，加配重前#5Y 振動值 3.01 mil，加配重後振動值降至 2.2 mil; 發電機前側 (GE)可能存在對心不良 (poor bearing alignment) 因素，所以加配重無法改變相角，又#3Y 和#4X 有蹺蹺板效應 (seesaw effect)，所以必須同時兼顧#3Y 和#4X 的振動值，讓其處於相對平衡的狀態，加配重前#4X 振動值 3.66 mil，加配重後#4X 和#3Y 振動值同為 3.1 mil。

肆、心得及建議

此次出國雖然只有到關島 Cabras 電廠一個地點，但在行程中仍然得到很多寶貴的經驗，也讓我深刻體會到異國工作之孤獨困境，對於日後職的工作生涯一定會化作更加茁壯的養分。以下是本次出國的幾點心得及建議:

- (一)此次之檢測係屬急要之案件，從接到委託電話到成行只有短短的 2 天，準備工作非常緊迫，感謝公司各級長官簽文核章效率快速，才能在 1 天內完成人員出國陳核流程。鑒於台灣機電工程服務社與關島電力局簽定電廠營運管理合約，往後可能還會有類似之急要工作委託，因此本處須時時盤點各部門中能夠單獨作業及隨時出國上場救援之人力，以應付各種發電機組緊急搶修之案件。
- (二)本處歷來至關島出差人員大都沒有申請簽證，所以本次行程只有申請旅行授權電子系統 (ESTA:停留不得超過 90 天)，但近來美國海關對於外國人員在關島執行商業行為進而影響當地人之工作權非常敏感，所以本次於關島機場入境時被海關官員請去辦公室詳問行程內容，爰以沒有攜帶工具設備只有參加會議討論之協助角色回覆，且在關島駐留不到 10 天……等因素，海關人員勉於同意放行。鑒於本處派遣至關島大修之團隊通常 40 多人，且大修工期通常超過 1 個月，較難再以此方式通關，建議應以申請工作簽證方式較符合入境規範，避免被禁止入境之事發生。

- (三)本次振動改善工作因有缺電及回程時間之壓力，所以時常有輪班趕工之情形，電廠之值班及維護因人數編制夠多，可以輪流上工，但本處只有一位工程人員至關島工作，須全程參與，建議在經費及人力允許下加派一人，以利現場工作之調配，讓出國之工程人員都能得到完整之下班休息時間，以提升工作效能。
- (四)本次行程遭遇颱風侵入關島（關島總督古蕾露於10月8日發布二級緊急應變狀態以因應「布拉萬」颱風），但為配合汽機啟動時程，工程人員在大風大雨且開車能見度小於5公尺之逆境下，毅然趕赴電廠上工，此堅毅不饒及奮鬥到底之台電文化，就像颱風天依然堅守崗位為全臺各地供應電力，及頂著強風豪雨為斷電之住戶搶修線路的使命感，此種克服困境、解決問題只求社會大眾能享受舒適電力的精神，對於擦亮台電這塊老招牌會有莫大的助力。
- (五)振動測試工程人員就像是機器的醫生，差別在於病人能夠回答醫師的問診，但機器無法回覆振動測試人員的問話，所以振動測試工作往往需要多方驗證才能抓到機器的病因;本次工作多虧 Cabras 電廠陳銘澈廠長的全力支持，才能在多次的啟停運轉中找到#2 機的振動特性，此寶貴的工作經驗將成為本處的振動資料庫中不可多得的文件，對於本處振動處理之專精技術會有深遠之影響。
- (六)本次出國陳核文件只有1天時間要完成編寫及陳核（兩輪文件且需核章至總經理），所以沒有收回除錯之機會，在此要感謝本處人資組歐思吟課長的全力協助，才能在飛機票還未劃位成功之前就能完成文件的大部份填寫，歐課長另以 e-mail 先行傳送文件至總公司人力發展組進行審查修正，在確認文件填報無誤後才開始跑陳核流程，避免本處至總公司間往返之舟車勞頓時間而錯過飛機啟程時機;另外人資處主管國外訓練課翁玉靜專員在當日下班後，依然

堅守崗位協助我辦理完最後的核章程序，才能在 1 天的時間內完成這艱鉅的任務，在此要獻上十二萬分的感謝。

伍、振動測試報告

關島 Cabras 電廠#2 機振動測試報告共 12 頁，如次頁。

台灣電力公司電力修護處

Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

1

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動測試

一、測試日期：112 年 10 月 6 日 ~ 112 年 10 月 15 日

二、測試人員：楊宗淇

三、使用儀器：振動資料擷取器 ADRE 208, Bently Nevada

四、測試概述與結果：

(一) 台灣機電工程服務社通知發電機振動大，本隊人員藉由配重改善，現場測試請參閱圖一 ~ 圖三。

(二) 測試結果：

1. 配重對#3Y 和#4X 有蹺蹺板效應(seesaw effect)，又配重無法改變相角，可能存在對心不良因素；配重前#4X 振動值 3.66 mil，配重後#4X 振動值為 3.1 mil (參閱 p.2)。

2. 配重前#5Y 振動值 3.01 mil，配重後振動值降至 2.2 mil (參閱 p.2)。

五、測試資料：

(一) 測試數據 ----- p. 2 ~ p. 3

(二) 振動頻譜和極座標 ----- p. 5 ~ p. 12



圖一
振動資料擷取器



圖二
#4 軸配重



圖三
#5 軸配重

台灣電力公司電力修護處

Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

2

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動測試

委託單位	台灣機電工程服務社
設備名稱	關島 Cabras #2 汽輪發電機
測試名稱	振動測試
測試人員	楊宗淇
測試日期	112 年 10 月 6 日 ~ 112 年 10 月 15 日

(一) 測試結果

單位：mil / deg. ; mil <p-p>

程序值		測試位置		1X	2X	3X	3Y	4X	4Y	5X	5Y	
		1x	OA									
配重前	30MW 10/5 16:21	1x		0.88/233	1.86/29	0.68/335	1.96/117	3.29/186	1.52/268	1.17/146	2.43/343	
		OA		1.75	2.37	1.30	2.95	3.66	1.93	1.76	3.01	
配重後	升速臨界	1x		0.73/202	3.95/281	1.08/8	1.16/134	1.48/166	1.00/265	1.38/262	0.99/341	
		rpm		2,100	2,648	2,865	2,800	3,025	3,020	2,015	2,075	
	3,600 rpm 10/11 22:27	1x		1.02/253	1.44/34	1.22/340	1.51/116	2.47/193	1.42/281	0.88/0	0.87/205	
		OA		1.80	1.89	1.75	2.45	2.93	1.93	1.30	1.23	
	9MW 10/15 12:59	1x		-	-	-	-	-	-	-	-	
		OA		1.9	2.4	2.1	3.1	3.1	1.5	1.6	1.8	
	17MW 10/16 06:53	1x		-	-	-	-	-	-	-	-	
		OA		1.8	2.4	2.1	3.1	3.1	1.5	1.8	2.2	
	配重		#4 軸:+ 210 g @ 240°; #5 軸:+ 500 g @ 65°									
	接受標準值		alarm : 4 mil Trip: 7 mil									

台灣電力公司電力修護處

Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

3

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動測試

(二) 測試前狀況：

台灣機電工程服務社通知發電機振動大。

(三) 原因分析：

1. 配重對#3Y 和#4X 有蹺蹺板效應，又配重無法改變相角，可能存在對心不良因素；配重前#4X 振動值 3.66 mil，配重後#4X 振動值為 3.1 mil。

2. 配重前#5Y 振動值 3.01 mil，配重後振動值降至 2.2 mil。

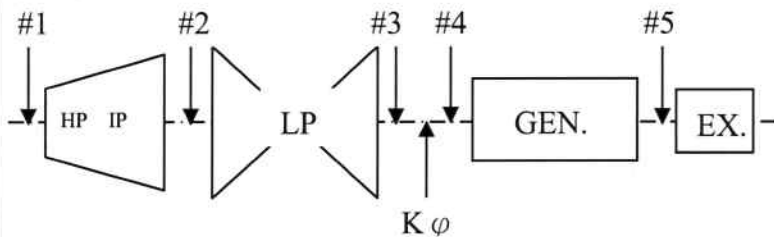
(四) 處理對策：

#4 軸：+ 210 g @ 240°；
#5 軸：+ 500 g @ 65°

(五) 建議事項：

可考慮#3 軸和#4 軸重做對心。

(六) 設備概述：



容 量：66MW

轉 速：3600rpm

轉向 (TG)：Turb->.Gen CCW

軸承型式：Sleeve

振動拾訊位置：X-45R；Y-45L

相角拾訊位置：90R

(七) 拾訊器靈敏度：

拾訊器型式	拾訊器靈敏度	顯示單位
位移計 (電廠)	7.87 mv / μ m	μ m

(八) 使用儀器配置圖：應用 QT-BT-008 作業程序書：



台灣電力公司電力修護處

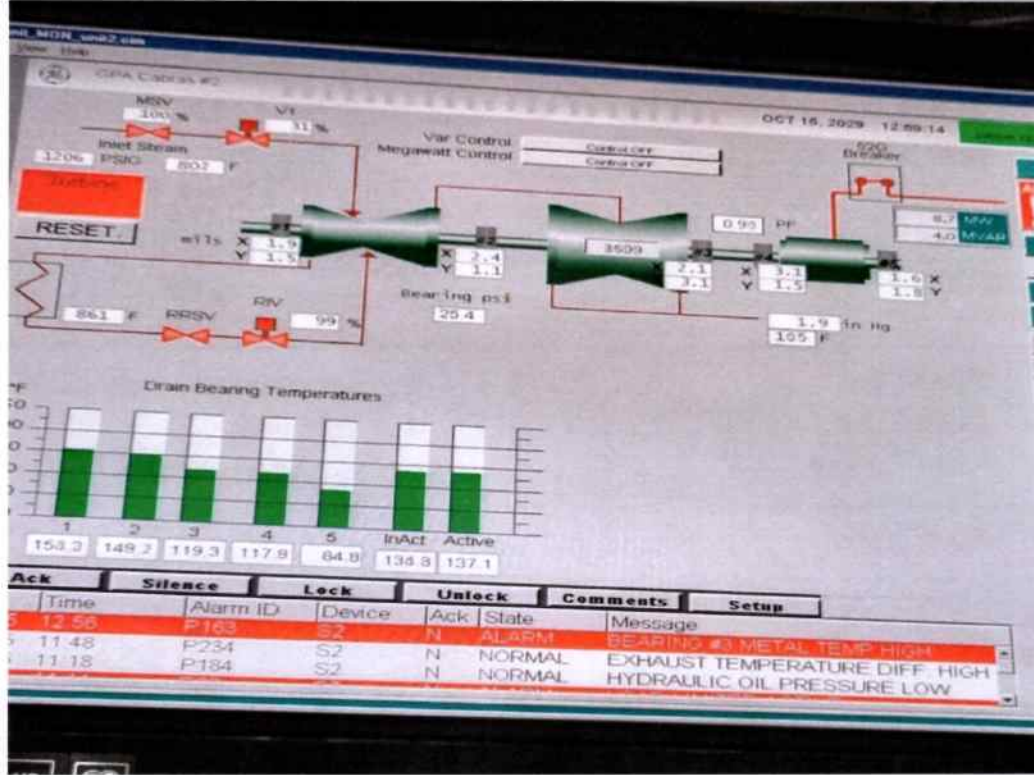
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

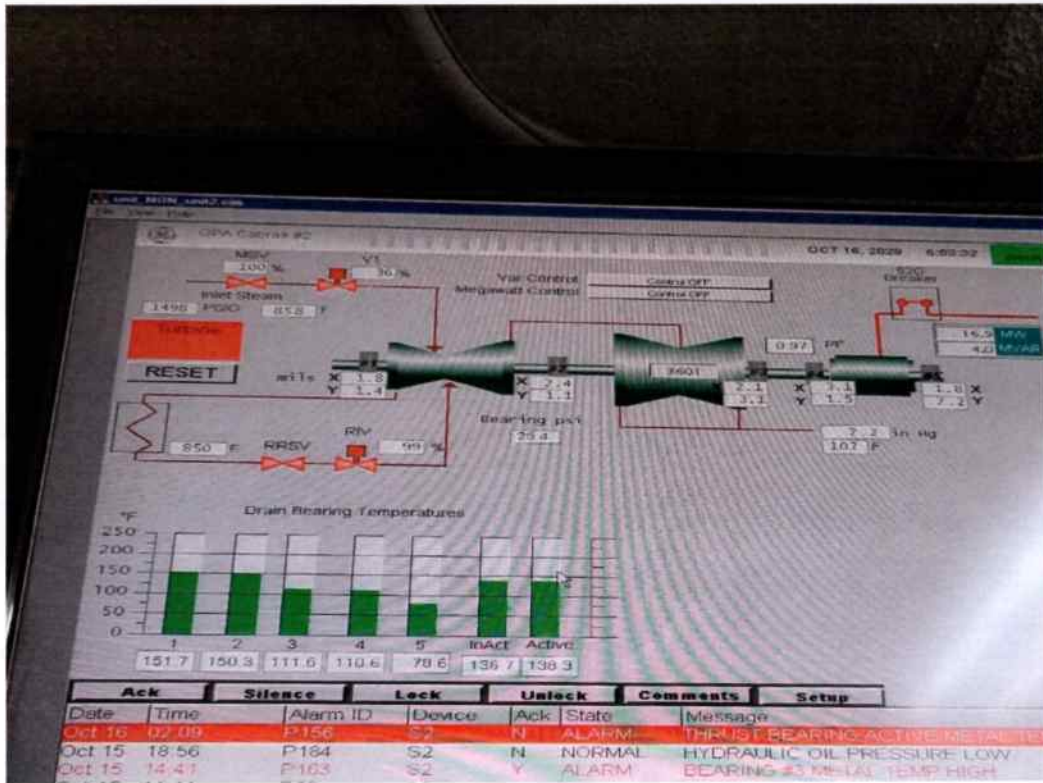
4

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動值

10/15
9MW



10/16
17MW



台灣電力公司電力修護處

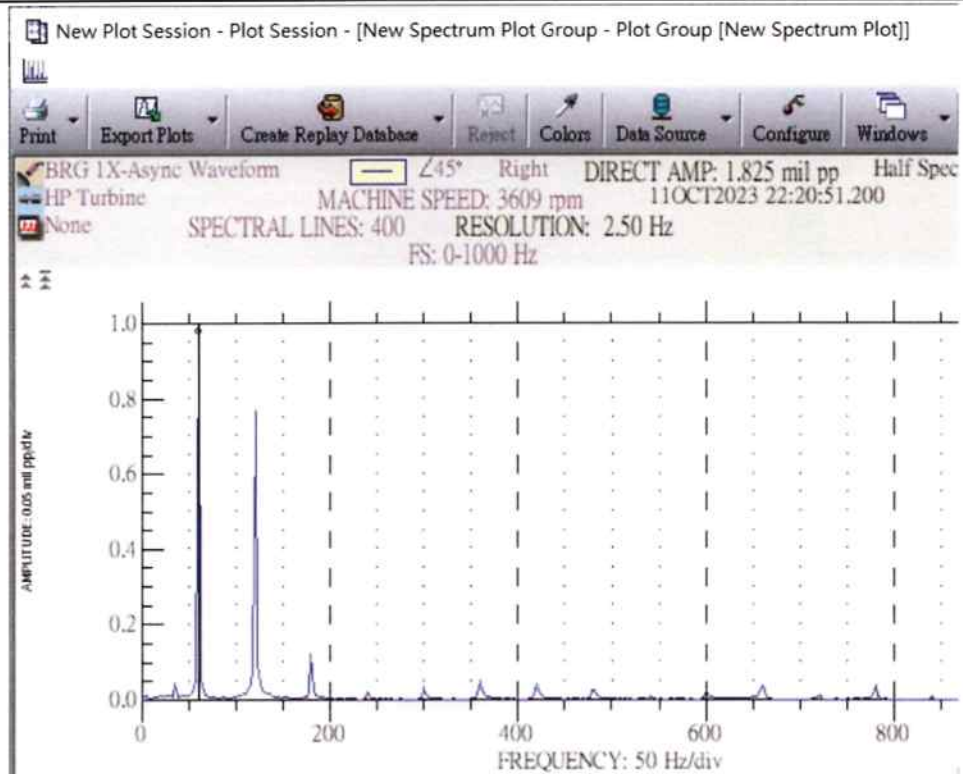
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

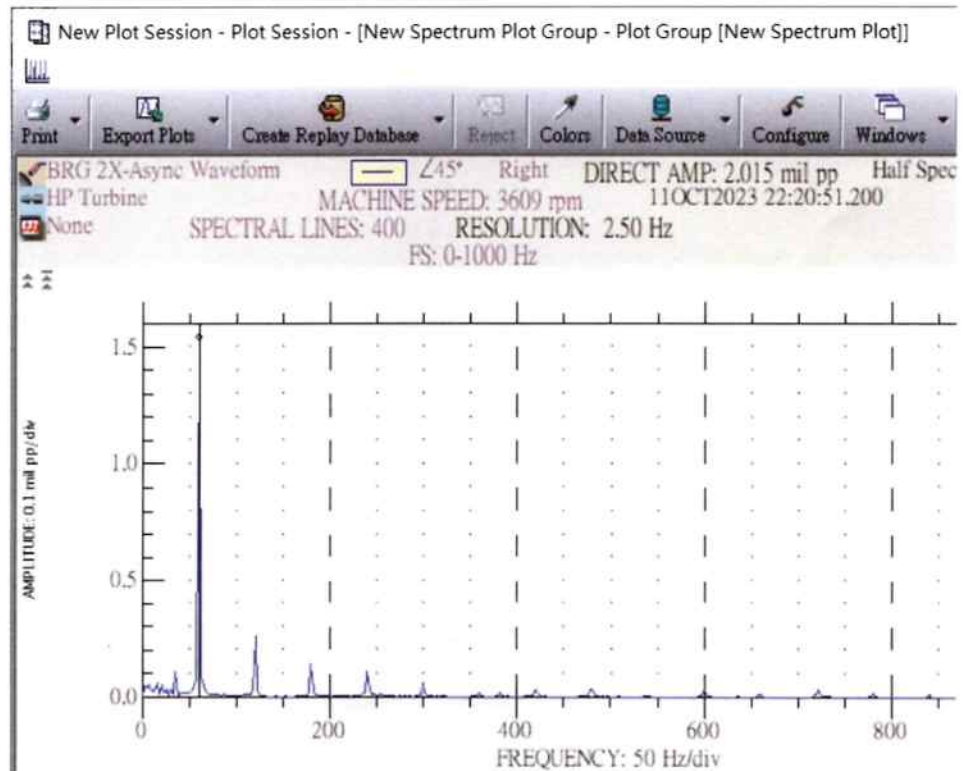
5

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動頻譜 (配重後)

1X



2X



台灣電力公司電力修護處

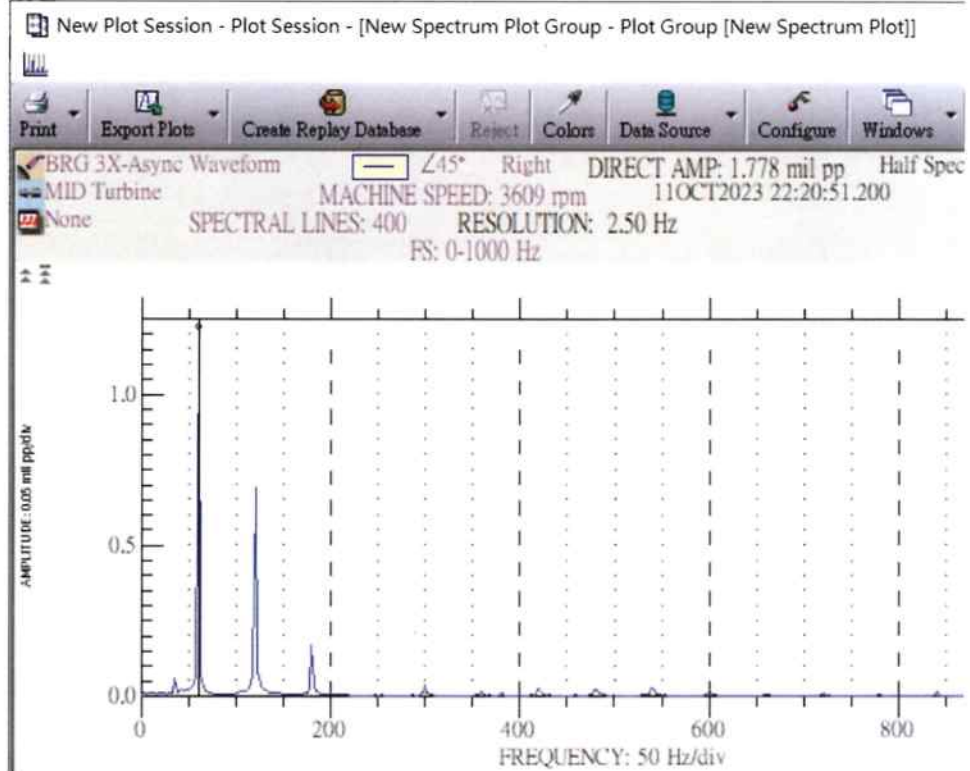
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

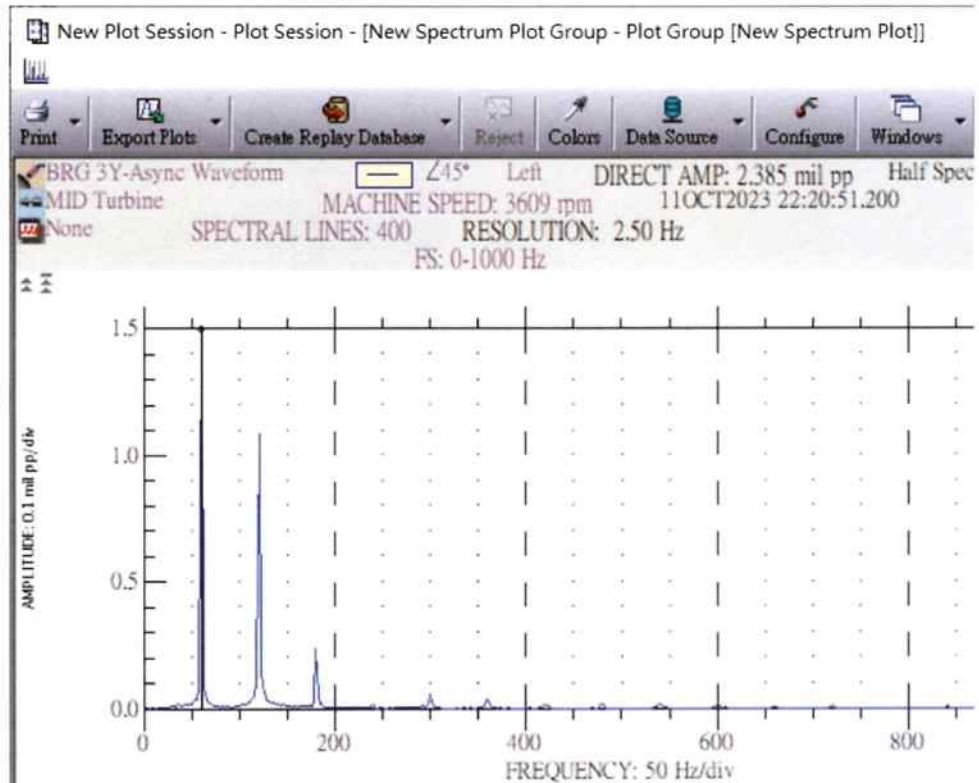
6

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動頻譜 (配重後)

3X



3Y



台灣電力公司電力修護處

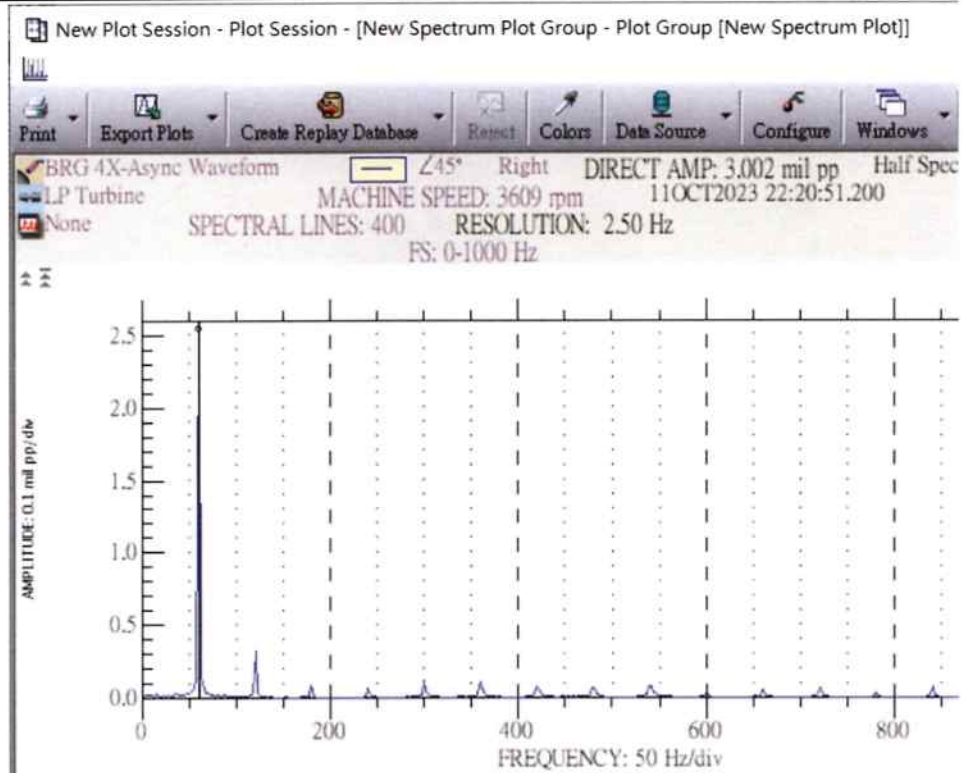
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

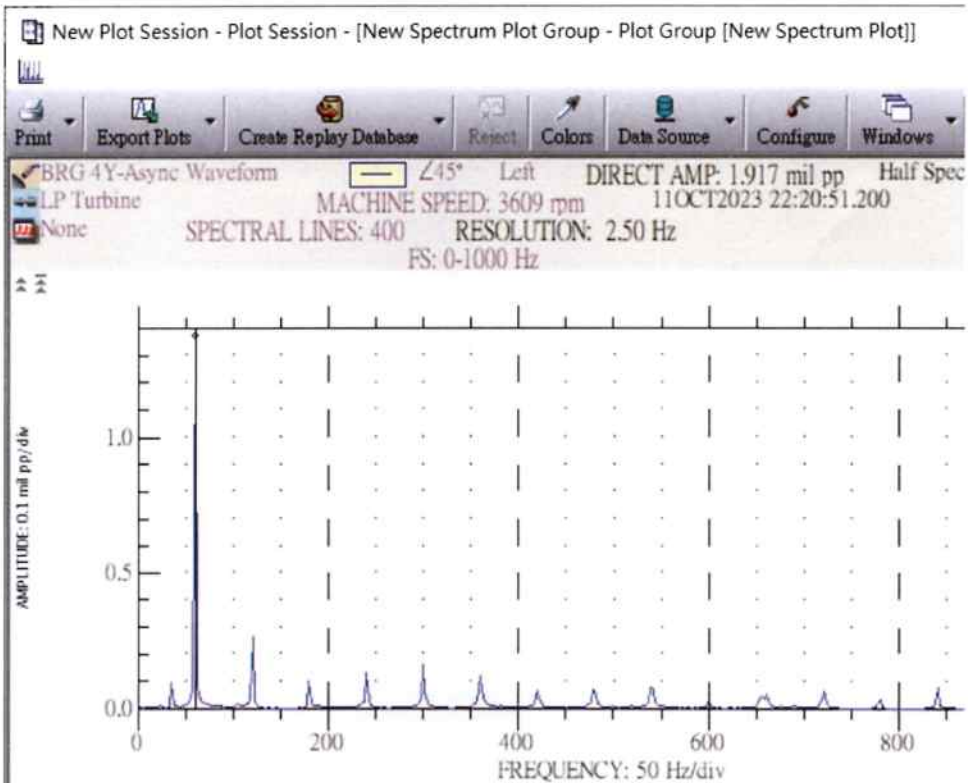
7

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動頻譜 (配重後)

4X



4Y



台灣電力公司電力修護處

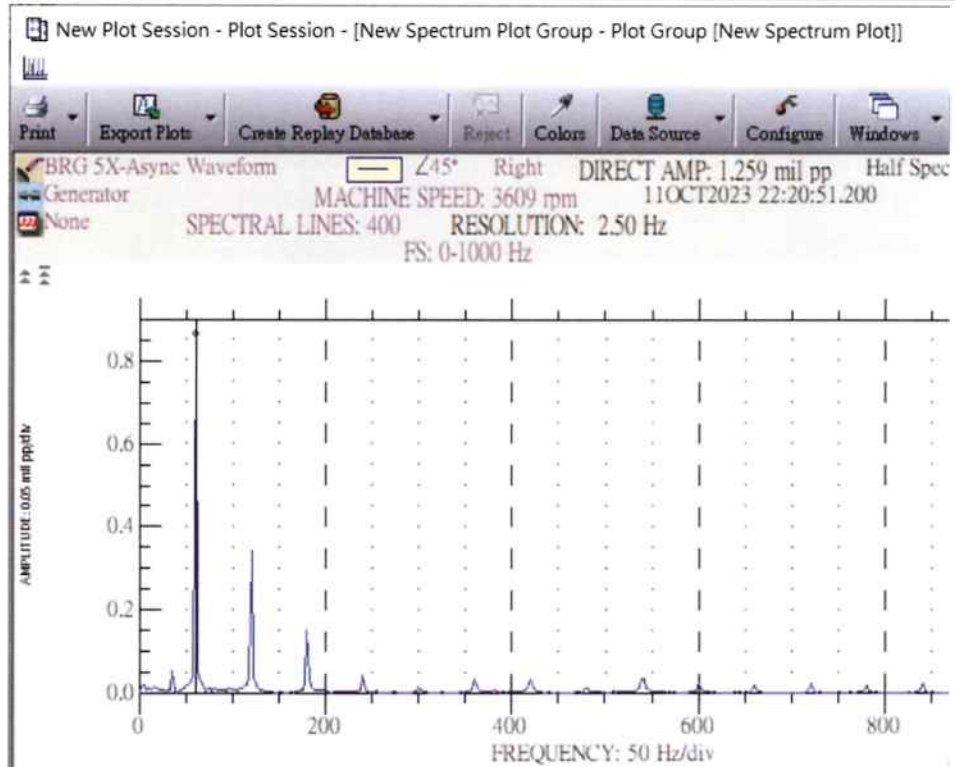
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

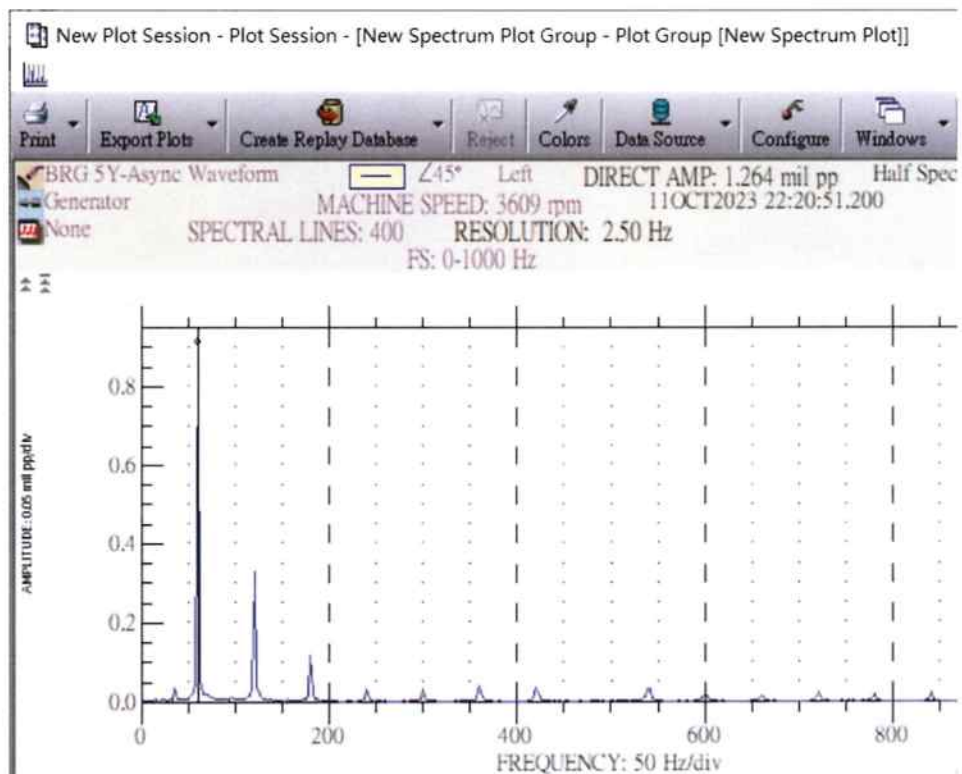
8

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動頻譜 (配重後)

5X



5Y



台灣電力公司電力修護處

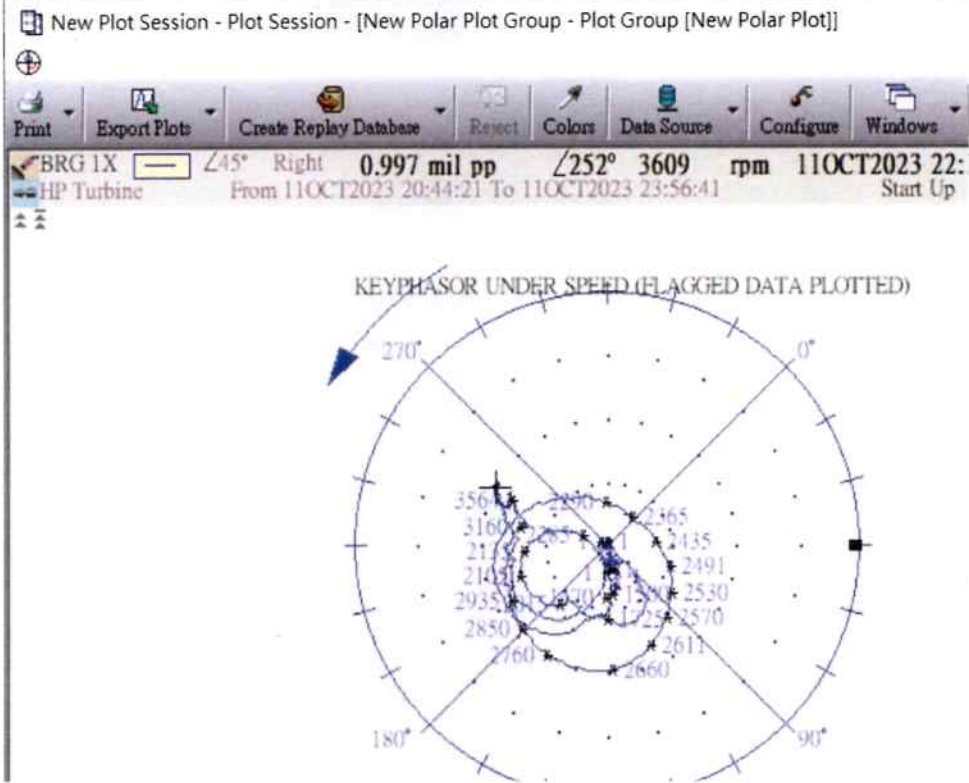
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

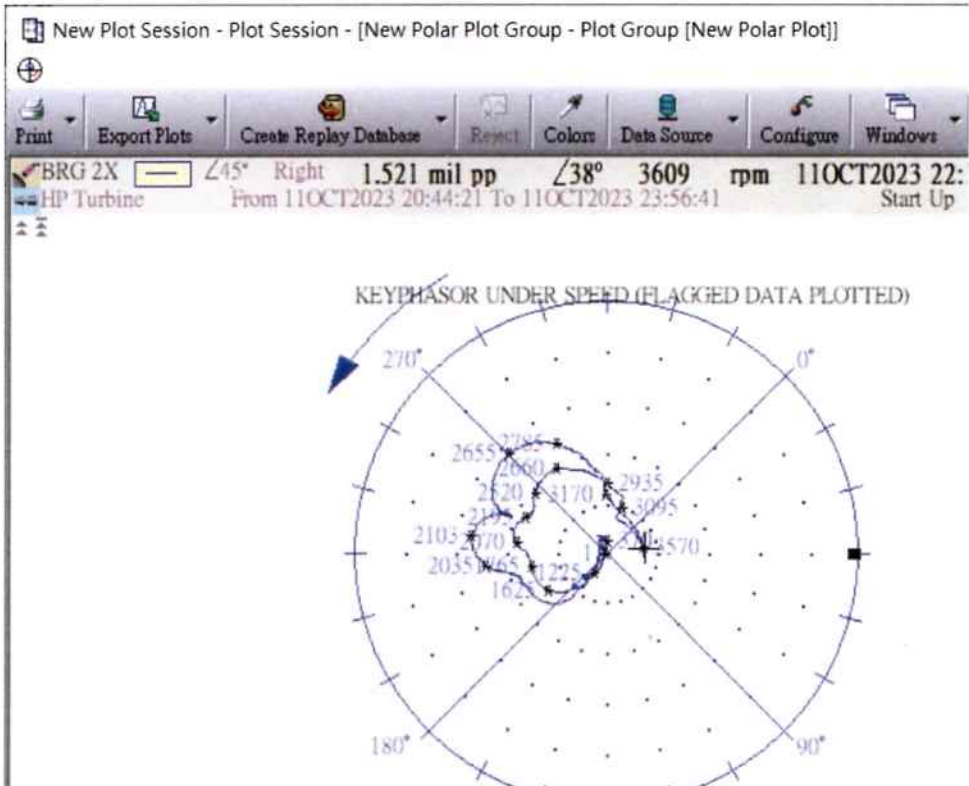
9

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動極座標 (配重後)

1X



2X

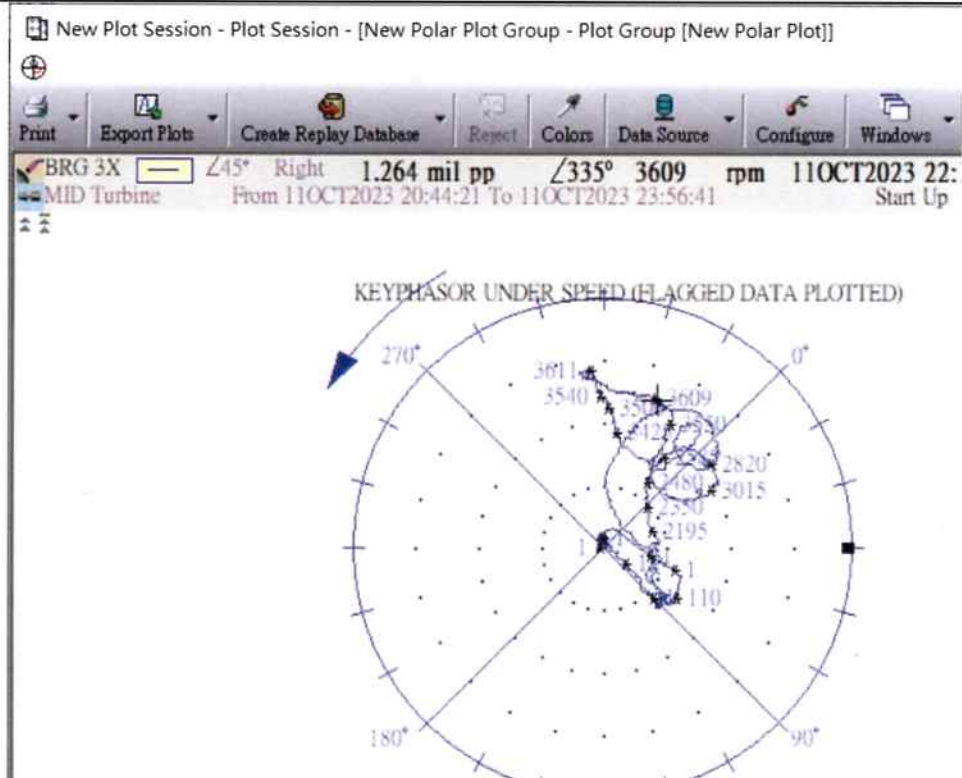


台灣電力公司電力修護處

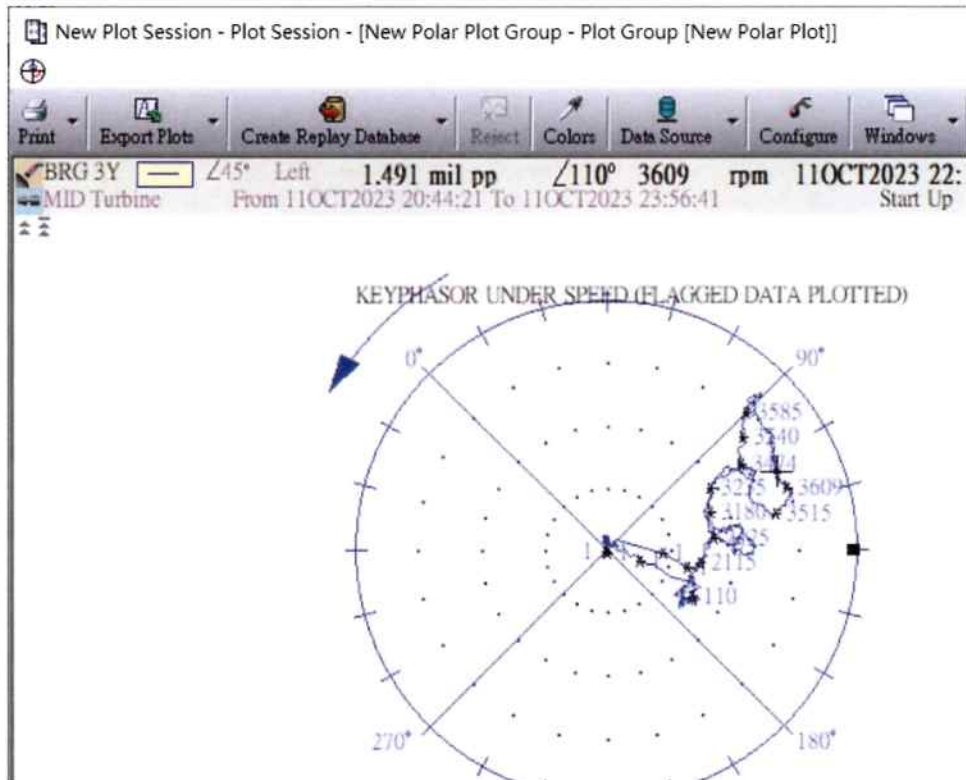
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動極座標 (配重後)

3X



3Y



台灣電力公司電力修護處

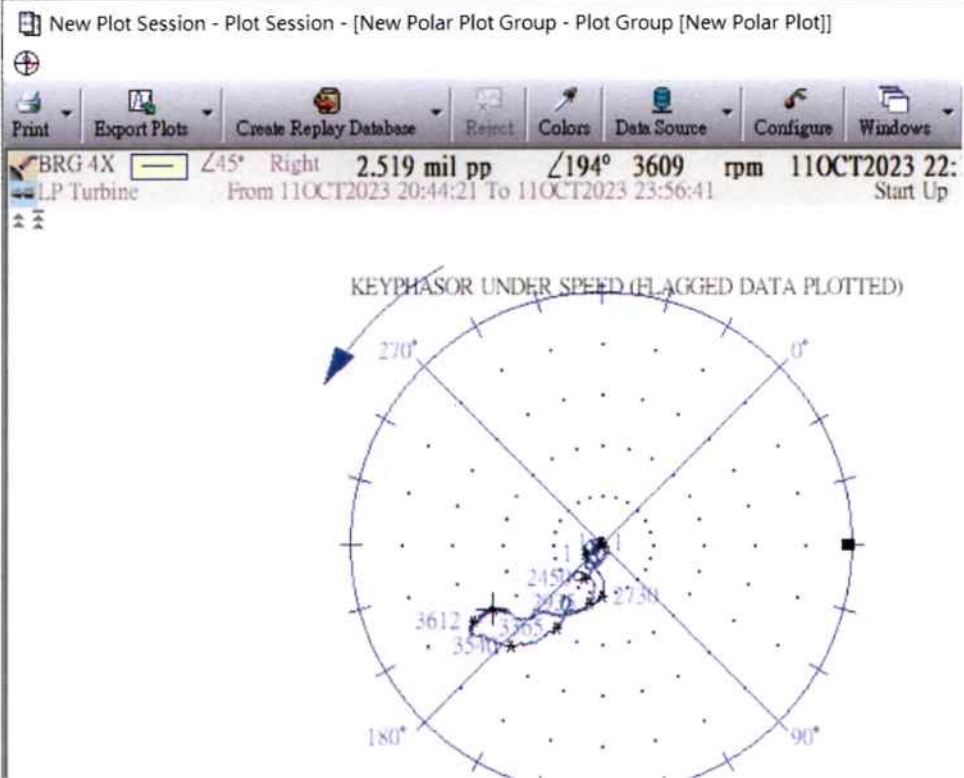
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

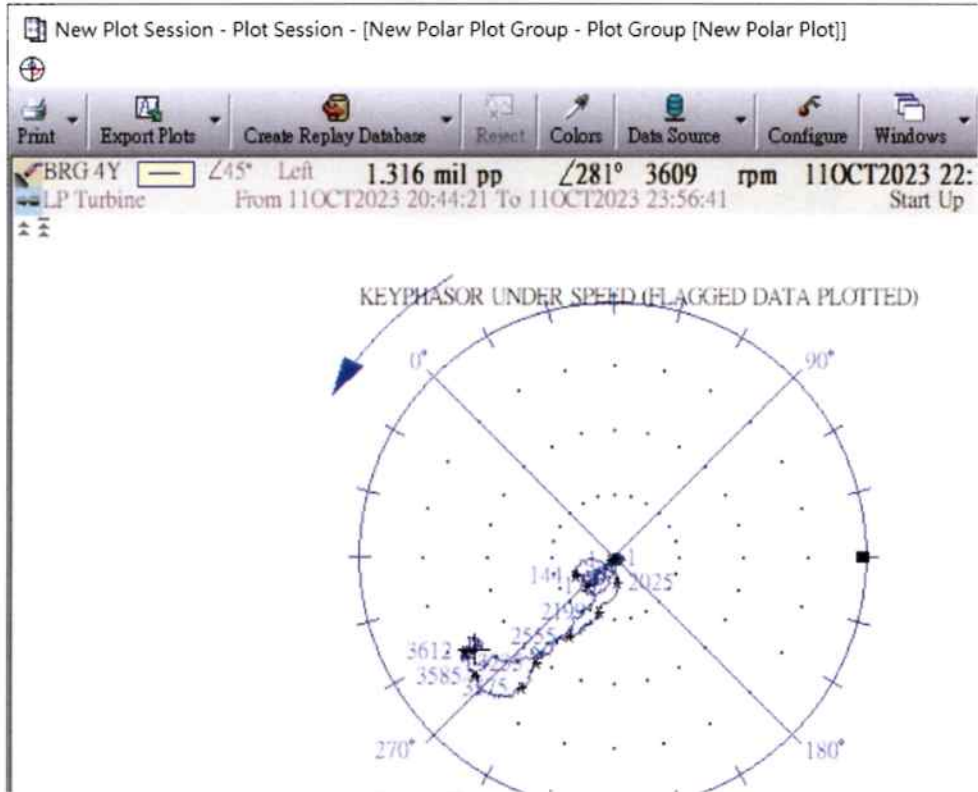
11

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動極座標 (配重後)

4X



4Y



台灣電力公司電力修護處

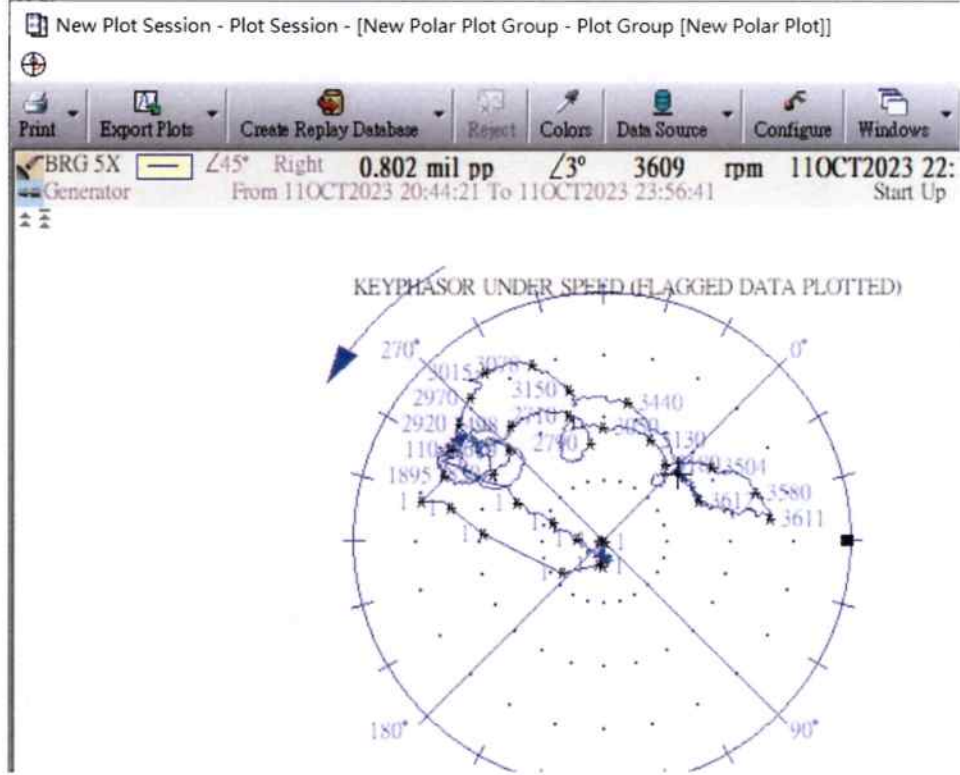
Taiwan Power Company
Department of Power Equipment Repair and Maintenance

頁次
Page

12

關島 Cabras #2 汽輪發電機振動極座標 (配重後)

5X



5Y

