

出國報告(出國類別：實習)

發電機定子與轉子/儲能系統維護 研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳添寶 儀電工程監

派赴國家/地區：日本/神戶及橫濱

出國期間：113年12月03日~113年12月07日

報告日期：114年02月03日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：發電機定子與轉子/儲能系統維護研習

頁數 21 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/翁玉靜/02-2667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

陳添寶/台灣電力公司/塔山發電廠/儀電工程監/082-323053
ext.3600

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會
6 其他

出國期間：113/12/03~113/12/07

派赴國家/地區：日本/神戶及橫濱

報告日期：114/01/20

關鍵詞：發電機、儲能系統

內容摘要：(二百至三百字)

實習報告共分四個章節：第一、二章節為出國目的與出國行程，說明為加強供電穩定前往日本三菱公司實習發電機、Statcom、HVDC 及儲能系統；第三章節為實習內容，說明發電機的維護項目及周期，並檢視本公司使用三菱公司發電機在未來幾年應進行的維護計劃及項目；說明 Statcom 的運作原理及搭配再生能源時可作為虛功調節及電壓補償的應用；說明 HVDC 系統的設計原理及為不同電壓或頻率的輸電系統提供介接功能；了解儲能系統使用的電池種類及各項可穩定系統電壓或頻率的應用場合；第四章節為建議事項及心得。

本文電子檔已傳至公務出國報告資訊網

(<https://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目錄

一、 出國目的：	3
二、 出國行程：	4
三、 實習內容：	5
四、 心得及建議：	21

圖目錄

圖一 故障率曲線	5
圖二 抽轉子完全檢查範圍及項目	6
圖三 簡易檢查範圍及項目	7
圖四 常規檢查範圍及項目	7
圖五 轉子線圈絕緣強度分佈圖	8
圖六 定子線圈介電強度起停次數分佈圖	9
圖七 未經虛功補償之系統架構及電壓、電流相角示意圖	10
圖八 使用虛功補償之系統架構及電壓、電流相角示意圖	11
圖九 STATCOM 待機模式	11
圖十 STATCOM 輸出無效功率模式	12
圖十一 STATCOM 吸收無效功率模式	12
圖十二 使用 MMC 的 STATCOM 架構示意圖	12
圖十三 STATCOM 應用示意圖	13
圖十四 使用 MMC 的 HVDC 直流轉交流架構示意圖	14
圖十五 三菱公司的 HVDC 驗證設施	15
圖十六 HVDC 驗證設施架構圖	15
圖十七 HVDC 應用領域	16
圖十八 再生能源與火力機組供電結構	18
圖十九 電網中發生事故使頻率驟降	19
圖二十 事故發生後充電中與待機中儲能系統動作	19

表目錄

表一 大潭 Stage-1 與 Stage-2 發電機大修排程	10
---------------------------------	----

一、 出國目的：

在發電廠最重要的裝置為柴油引擎、發電機、變壓器及保護電驛等，一般而言發電機相當可靠、維護周期也相對比柴油引擎長，一旦發生故障維修期程耗費時日，可能影響到本公司穩定供電的使命。三菱公司是本公司相當重要的合作伙伴，林口新 1~3 號機、通宵新 1~3 號機及大潭 1~6 號機皆是使用該公司的發電機，此次實習透過了解三菱公司的維修項目及周期以利提早發現到設備是否有劣化跡象、盡早進行維修來減少重故障發生的機率。

近年來政府大力推廣綠能，再生能源的滲透率日益提高，其出力產生變化時對系統的虛功及電壓都會產生影響，Statcom 的技術可作為輔助來調節虛功及系統電壓；長距離的離岸風機隨著距離越長，高壓交流的輸電線建置成本將超越高壓直流系統；為了避免綠能瞬間變動太大對系統造成衝擊，儲能系統的建置是必要的，藉著本次的參訪將了解三菱公司在上述領域的技術及應用，作為日後規劃的參考。

二、 出國行程：

日期	實習內容
12/03	桃園-日本神戶
12/04	發電機定子與轉子線圈維護研習
12/05	1. Stacom 系統研習 2. HVDC 系統研習
12/06	儲能系統研習
12/07	日本橫濱-桃園

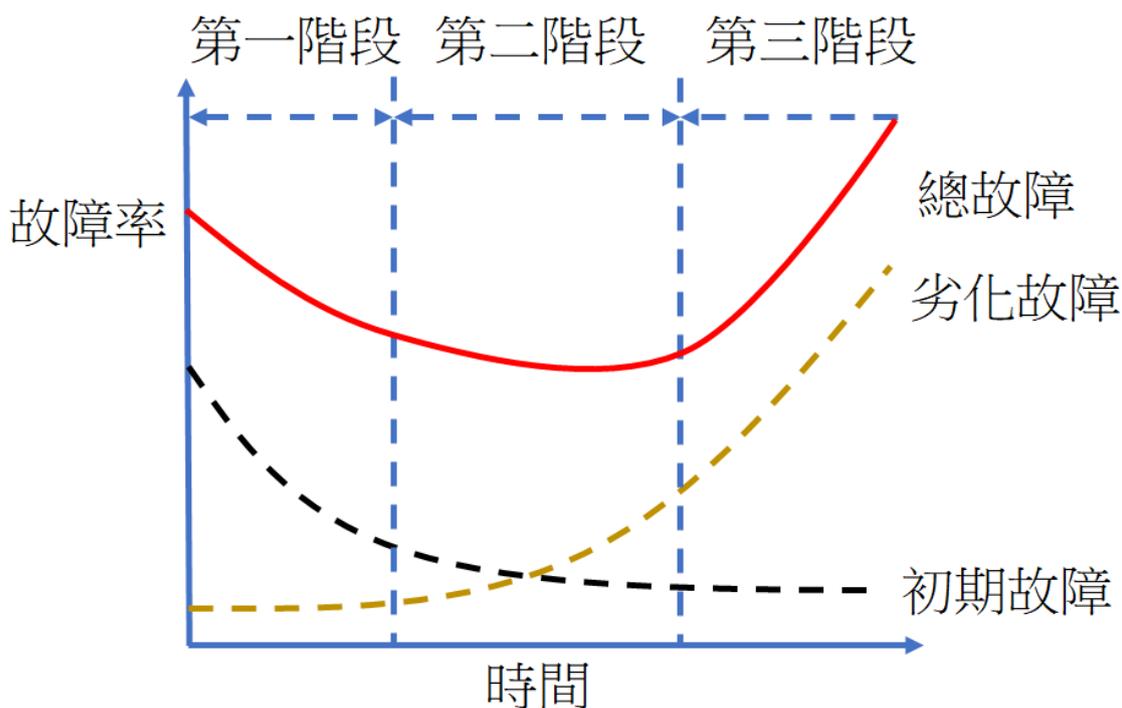


三、 實習內容：

(一)發電機定子與轉子線圈維護研習：

發電機及其附屬設備由許多部件組成，例如墊片、絕緣材料、定子楔塊和碳刷等，這些部件經過長時間運轉就會慢慢的發生劣化，導致絕緣不良或是磨耗等，為了使發電機可以在良好的條件或性能下繼續運轉，必須要確實執行定期維護。

圖一是故障率曲線，一般而言會有三個階段，第一階段是設備運轉初期，此時各部件的狀況大致良好顯少會發生劣化故障的情形，相對的也可能因為來料不良或安裝的匹配度不夠，造成初期故障的情形會較多。第二階段是偶發故障階段，此階段通常是運轉最穩定的時候，因為劣化故障與初期故障發生的機率都相當低，但是難免會有部份部件因耐受度不佳提早發生故障。第三階段是劣化故障階段，大部份的部件因為長時間運轉產生的磨耗已屆生命週期，若未及早進行更換則故障率可能成指數上升，發電機的運轉可靠度就會大幅降低。

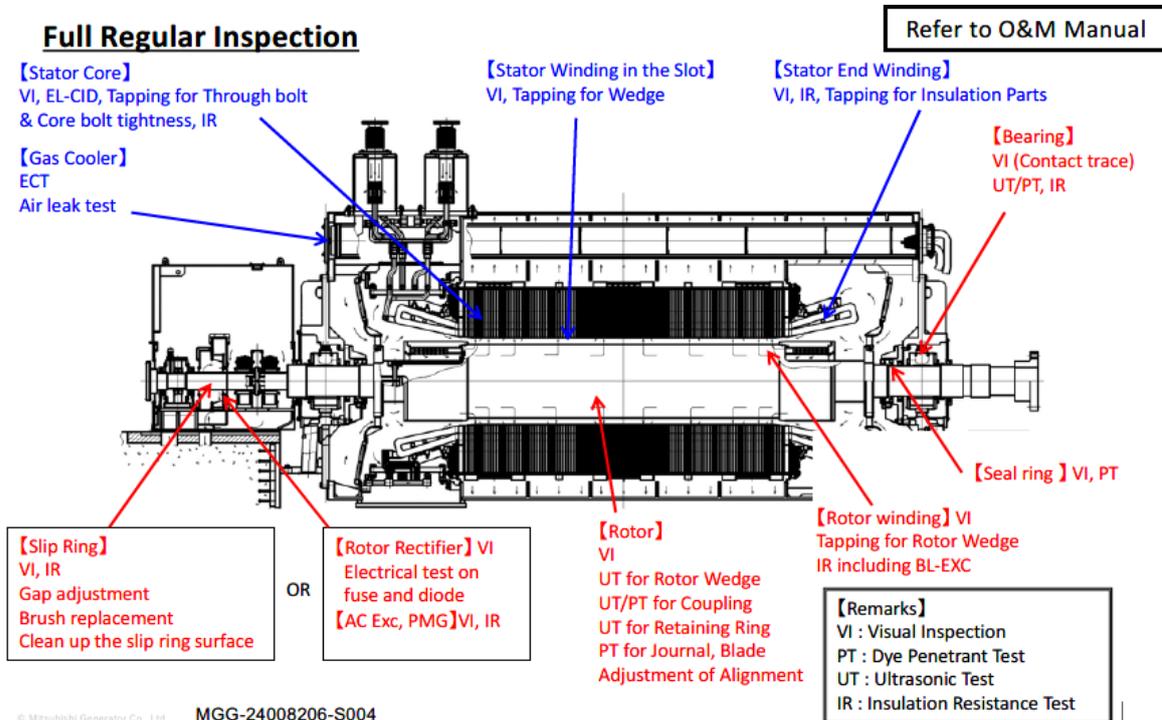


圖一 故障率曲線

根據故障階段的特性，三菱公司制定了對應的維護計劃，以四年為一個完整的維護計劃循環，分別是：

- (1). 第一年：抽轉子完全檢查(Full Regular Inspection with pulling out the rotor, 代碼 F)，工期預計 42 天，維護項目包括：

- (1). 定子楔子和線圈檢查
- (2). 軸承和密封圈檢查
- (3). 轉子檢查
- (4). 氣體冷卻器檢查
- (5). 發電機內部目視檢查集電環或無刷勵磁機
- (6). 輔助設備檢查

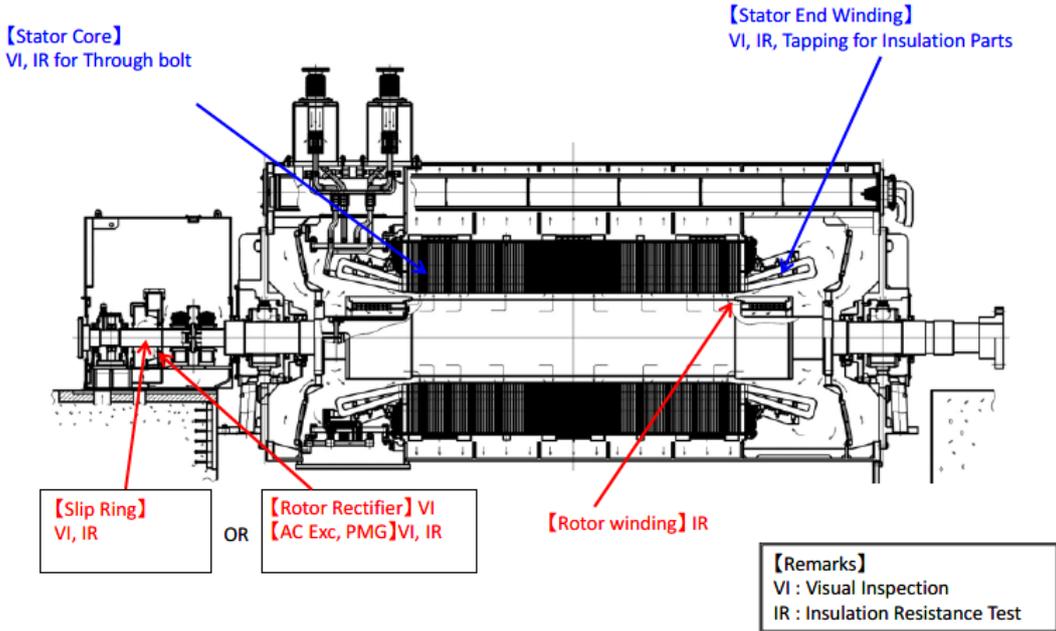


圖二 抽轉子完全檢查範圍及項目

- (2). 第二年：簡易檢查(Simplified Inspection without pulling out the rotor, 代碼 S)，工期預計 15 天，維護項目包括：
 - (1). 定子線圈檢查
 - (2). 發電機內部目視檢查集電環或無刷勵磁機
 - (3). 輔助設備檢查

Simplified Inspection

Refer to O&M Manual

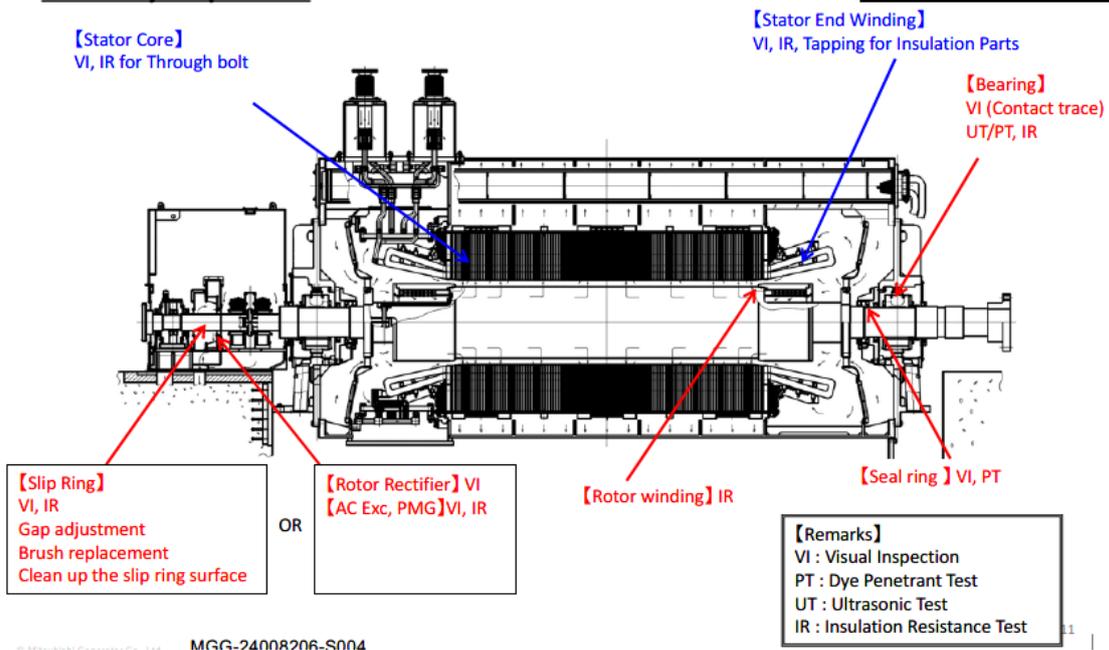


圖三 簡易檢查範圍及項目

- (3). 第三年：常規檢查(Ordinary Regular Inspection without pulling out the rotor, 代碼 0)，工期預計 27 天，維護項目包括：
- (1). 定子線圈檢查
 - (2). 軸承和密封圈檢查
 - (3). 發電機內部目視檢查集電環或無刷勵磁機
 - (4). 輔助設備檢查

Ordinary Inspection

Refer to O&M Manual



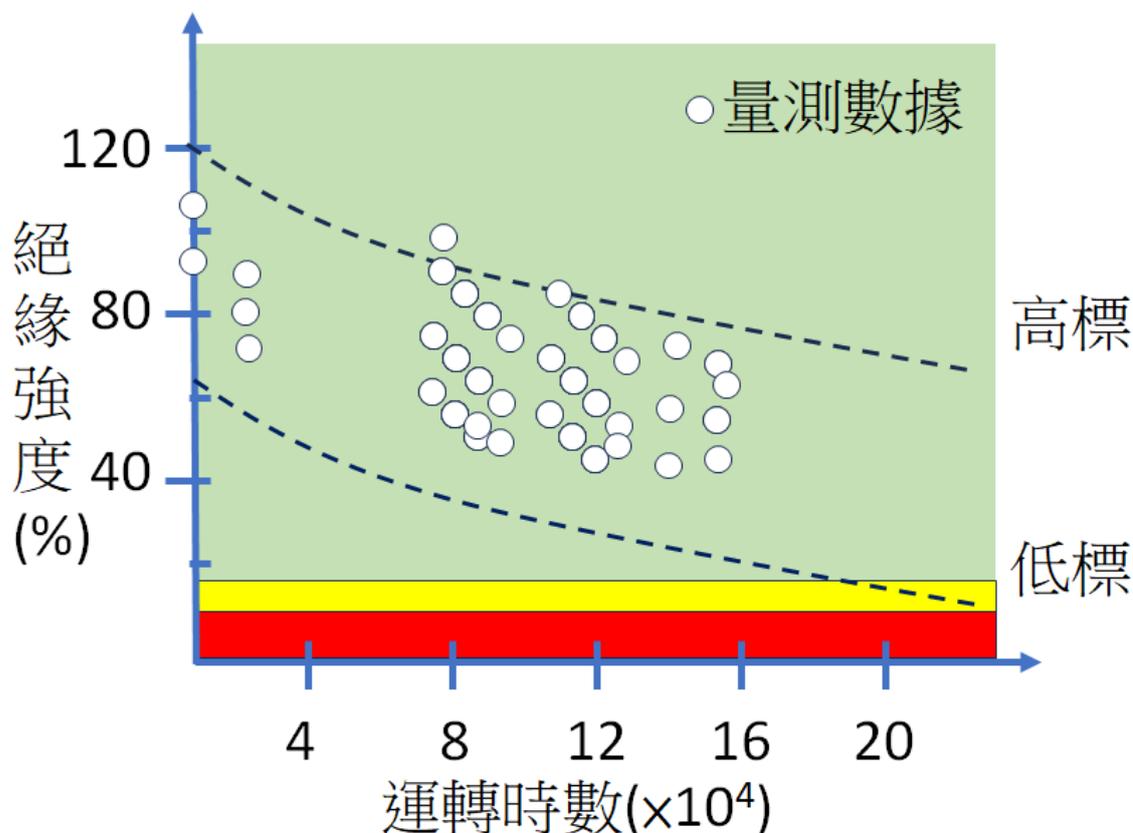
MGG-2400R206-S004

圖四 常規檢查範圍及項目

(4). 第四年：簡易檢查(Simplified Inspection without pulling out the rotor, 代碼 S)。

上述的定期維護計劃不斷的循環進行後，因定子及轉子線圈在持續的運轉下絕緣強度會越來越低，最終必須要進行線圈重繞使絕緣性能恢復到正常狀態才可繼續使用。

當發電機運轉時轉子線圈的絕緣層受到大量的離心力擠壓，絕緣層會逐漸的劣化，因此使用壽命取決於運轉時數，圖五是轉子線圈對運轉時數的絕緣強度分佈圖，當位於黃色區域時應盡早安排轉子線圈重繞，避免加速劣化在下一一次大修前發生故障而無法運轉；當位於紅色區域時則隨時可能會發生故障，因此建議在 16 萬小時即著手安排更換事宜。

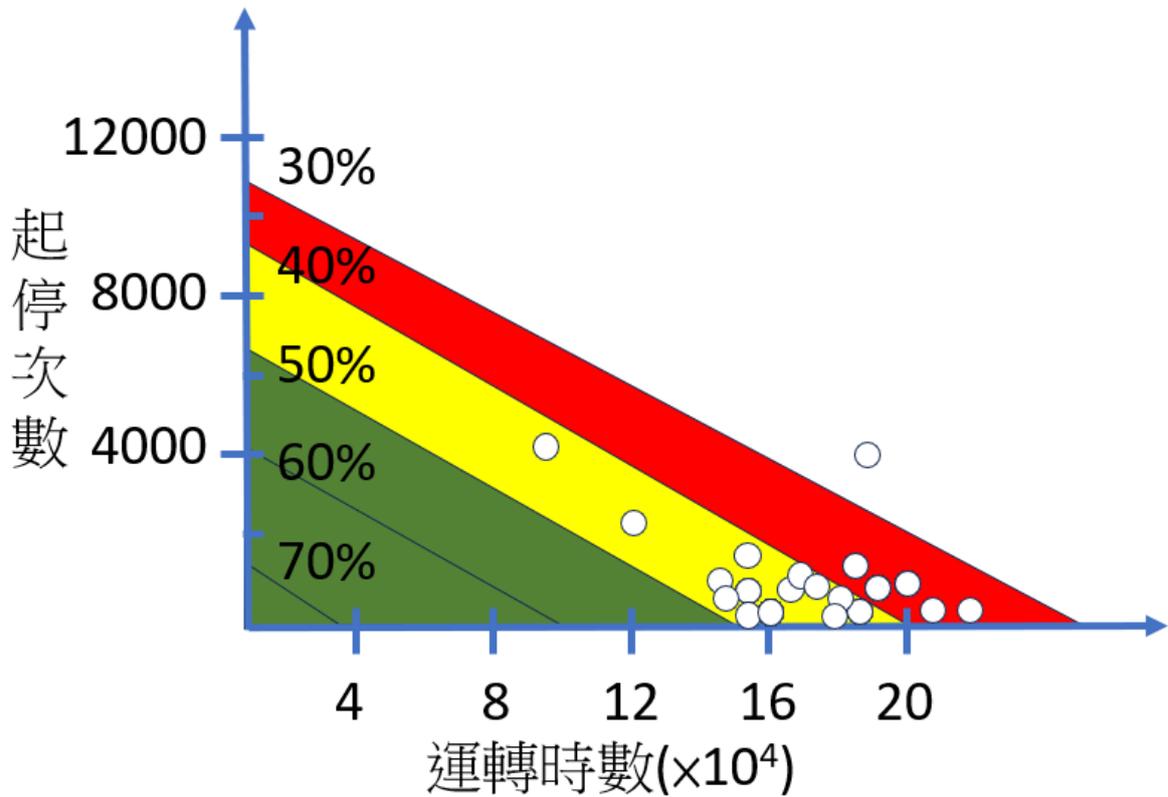


圖五 轉子線圈絕緣強度分佈圖

為了避免系統上的突波造成定子線圈損壞，其介電強度建議要在 $(2E+1)kV$ 以上等級(E 是代表額定電壓)，若介電強度不足時突波可能直接打壞定子線圈，介電強度足夠時突波會被突波吸收器阻擋。一般而言定子線圈在出廠時的介電強度約是 $5E$ ，換言之，當介電強度只剩原來的 45% 左右時故障發生的機率越來越高。

圖六是定子線圈在各介電強度可起停機的次數分佈圖，紅色區塊為介電強度 $< 2E+1kV$ 的分佈，隨著運轉時數越長，可起停的次數越來越少，最後發生故障。然而實際上當介電強度 $< 2.5E$ 時，有一定的機率在運轉時數

超過 16 萬小時後就會發生故障，因此為了安全起見，最好在 <2.5E 之前即安排線圈重繞。



圖六 定子線圈介電強度起停次數分佈圖

目前本公司使用三菱公司製造的發電機共有：林口新 1~3 號機、通宵新 1~3 號機及大潭 1~6 號機，其中林口與通宵的機組是新建機組，定子與轉子線圈預計要 2040 年以後才會達使用年限；而大潭的機組大約是在 2006~2008 年之間商轉運轉迄今約 19 年，在未來幾年定子線圈將陸續達到使用年限。表一是三菱公司統計至 2023 年 12 月底的機組運轉時數，預計在 2027~2031 年達到 16 萬小時運轉時數、2030~2035 年達到 20 萬小時運轉時數，因發電機的大修是每 6 年 1 次，其間隔相當的長，若在近 1 次大修未能進行線圈重繞，則有多部機在第 2 次大修之前達到使用年限，若依現行模式繼續運轉有相當大的風險。

機組		運轉時數*1	平均運轉時數*2	起停次數*1	預估到達45%介電強度日期	預估運轉時限	未來2次大修排程(每6年)	
Stage-1	STG1	120,574	8,230	1,002	2027/10	2030/8	2026	2032
	STG2	125,349	8,200	1,016	2027/3	2030/2	2027	2033
Stage-2	GTG3-1	99,341	7,180	936	2030/10	2034/1	2029	2035
	GTG3-2	98,723	7,010	918	2031/1	2034/5		
	#3STG	113,316	7,680	936	2028/11	2031/12		
	GTG4-1	93,050	7,300	896	2031/7	2034/10	2030	2036
	GTG4-2	98,397	7,370	804	2031/3	2034/5		
	#4STG	110,971	7,830	896	2029/3	2032/3		
	GTG5-1	93,398	7,080	948	2031/7	2034/11	2027	2033
	GTG5-2	95,582	7,180	764	2031/8	2034/11		2033
	#5STG	107,579	7,680	948	2029/7	2032/8		2033
	GTG6-1	91,293	7,220	870	2031/11	2035/2	2027	2032
	GTG6-2	93,720	7,350	812	2031/8	2034/11		2032
#6STG	104,621	7,830	870	2029/12	2032/12	2032		

*1 運轉時數與起停次數統計至2023/12

*2 平均運轉時數取自2018~2023年

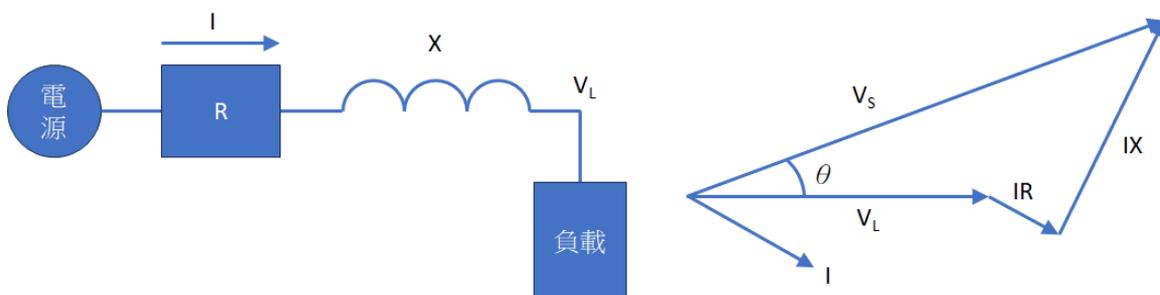
：超過使用年限

表一 大潭 Stage-1 與 Stage-2 發電機大修排程

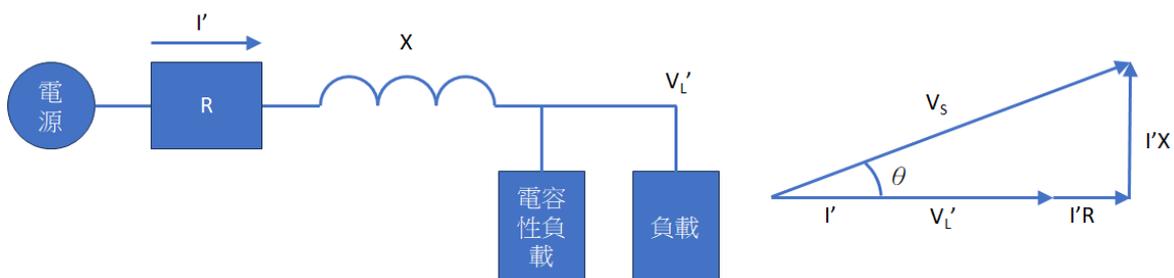
(二)Stacom 系統研習

1. 概要：

隨著環保意識抬頭現有的火力電廠發電量日益減少，取而代之的是再生能源的快速增加，因再生能源的出力瞬息萬變，當出力產生變化時對系統的虛功及電壓都會產生影響。如圖七在未經虛功補償的情況下電源電壓(V_s)與系統電流(I)呈現較大的夾角，在負載端的電壓就會較低；在使用虛功補償後即可減少電源電壓(V_s)與系統電流(I)的夾角，進而提升負載端的電壓，以圖八所示當系統上呈現較多的電感性負載時需要引入電容性負載來做補償，反之在系統上呈現較多的電容性負載時則需要引入電感性負載來做補償。



圖七 未經虛功補償之系統架構及電壓、電流相角示意圖



圖八 使用虛功補償之系統架構及電壓、電流相角示意圖

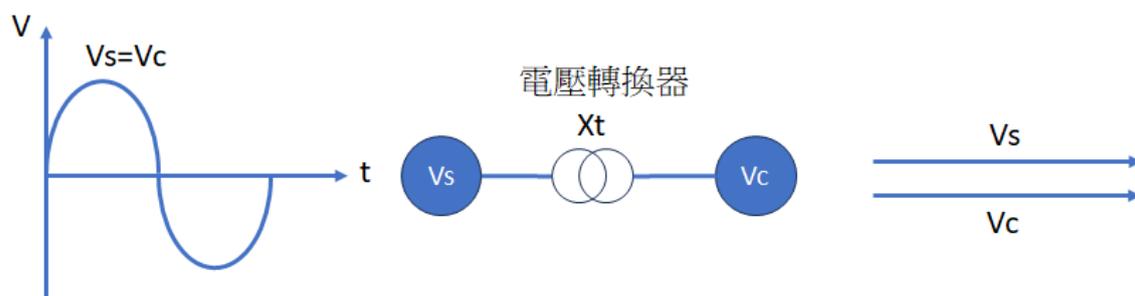
以往虛功及電壓的調控是利用靜態無效功率補償器(Static Var Compensator, SVC)來補償輸電系統中的無效功率，透過投/切電容器和電抗器來實現，但是在投/切電容器和電抗器操作上不宜太過頻繁，因此為了確保系統的穩定運作及避免電壓變動劇烈造成設備損傷，對動態、可控制無效功率的需求日益增加。

相對於靜態無效功率補償器，以電壓源轉換器為基本架構的靜態同步補償器(Static synchronous Compensator, STATCOM)具有調節範圍廣、調節響應速度快與低壓條件下的虛功調控能力更強之優點，將成為日後的主流。

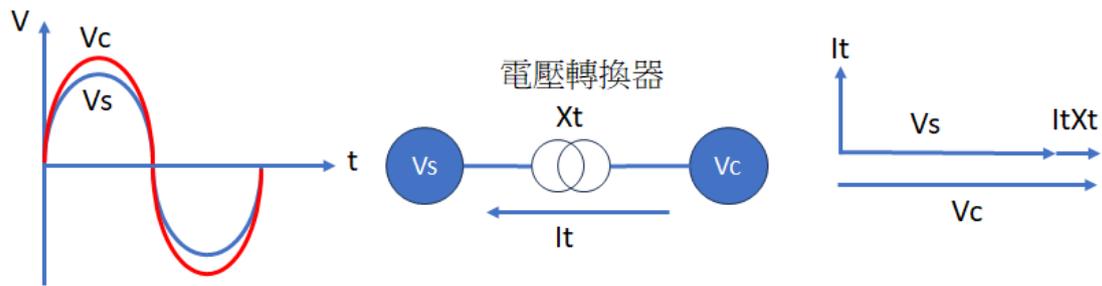
2. 原理：

STATCOM 系統並聯連接至電網，利用 STATCOM 中的電壓轉換器測量電網電壓，再透過控制器根據電網電壓來控制各個子模組的電壓波形，全部模組加總後的輸出波形有三種情況：

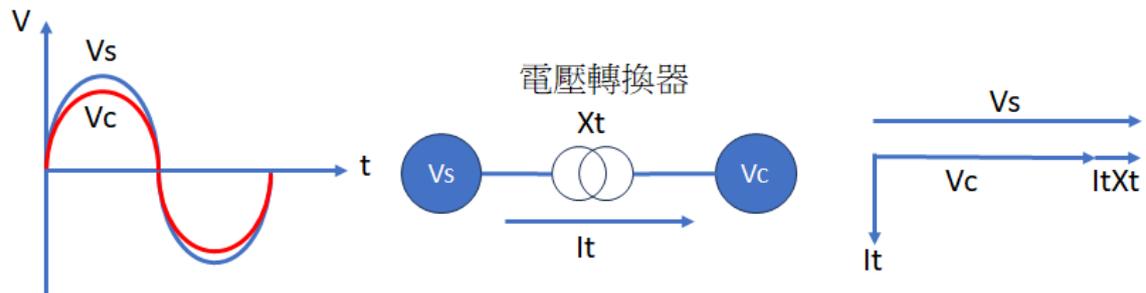
- (1). 加總後的電壓(V_c)與電網電壓(V_s)相同，此時 STATCOM 不提供任何補償電流相當於待機中，如圖九所示。
- (2). 加總後的電壓(V_c)振幅大於電網電壓(V_s)，STATCOM 提供相角領先系統電壓 90° 的輸出電流，可等效為電容性負載並輸出無效功率，如圖十所示。
- (3). 加總後的電壓(V_c)振幅小於電網電壓(V_s)，STATCOM 提供相角落後系統電壓 90° 的輸出電流，可等效為電感性負載並吸收無效功率，如圖十一所示。



圖九 STATCOM 待機模式

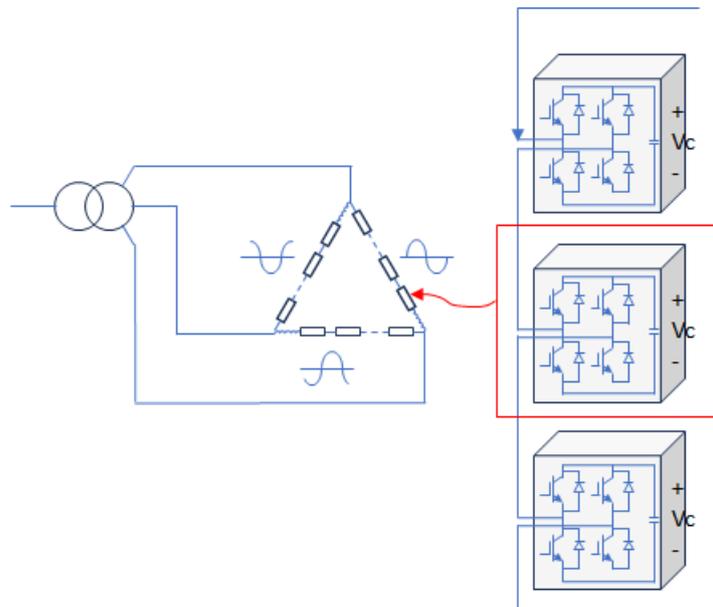


圖十 STATCOM 輸出無效功率模式



圖十一 STATCOM 吸收無效功率模式

要實現上述三種模式三菱公司在模組化多階轉換器(Modular Multilevel Converter, MMC)的 STATCOM 解決方案提供 SVC-Diamond® 系列產品，MMC 由多組子模組所構成，利用大容量絕緣柵雙極電晶體 (Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT)，減少所需的 IGBT 總數可大幅的減少使用空間，模組化的架構可根據系統所需的容量來調整所需的子模組數量，達到可適用於各種容量的解決方案，如圖十二所示。

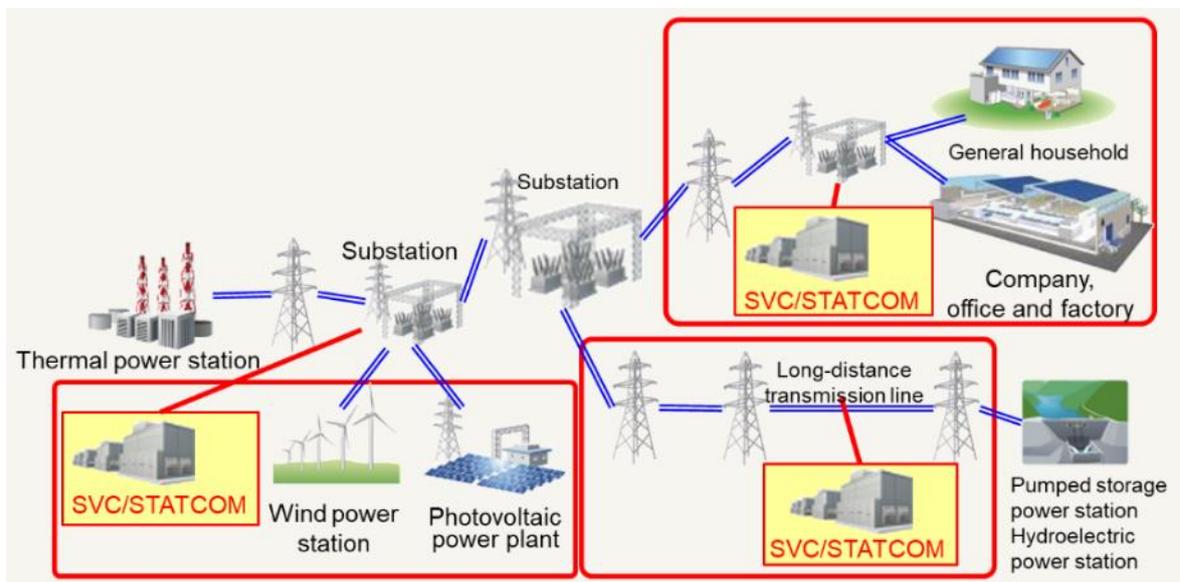


圖十二 使用 MMC 的 STATCOM 架構示意圖

3. 應用：

作為一個快速、動態的無效功率源，STATCOM 適合在故障、暫態事件下支援電網。在沿著輸電線路設置 STATCOM，可用以改善系統功率潮流，若附近線路發生故障，原本線路的電力將被移轉到其他輸電線路上，此時功率潮流增加將導致線路電壓下降，當 STATCOM 致能時，它可以提供無效功率以增加電壓，直到故障排除。STATCOM 亦可安裝在變電站以便支援多條線路，同時有助於降低系統的複雜性。

STATCOM 亦可根據設計的不同來實現更多的應用，例如主動濾波、功率振盪阻尼 (Power Oscillation Damping, POD)，甚至是有限的有效功率交互作用。隨著分散式能源 (Distributed Energy Resources, DER) 和儲能日益增加，這些再生能源不同與傳統的發電機組，不存在機械運轉的慣量，例如太陽光電可能受雲層的影響發電量瞬間歸零，因此系統慣量逐漸減少，在 STATCOM 的直流側使用能源，為其提供類似於同步電容器或發電機的慣性響應，可相對的提高系統慣量。



圖十三 STATCOM 應用示意圖

(三) HVDC 系統研習

1. 概要：

HVDC 轉換器將電力從高壓交流(AC)轉換為高壓直流(HVDC)，或可反過來應用，HVDC 通常作為交流電的替代方案，適合用於長距離或頻率不同的交流系統之間傳輸電能。完整的 HVDC 系統包含兩個部份：一是將交流電轉為直流電的整流器，另一個是將直流轉為交流的逆變器。

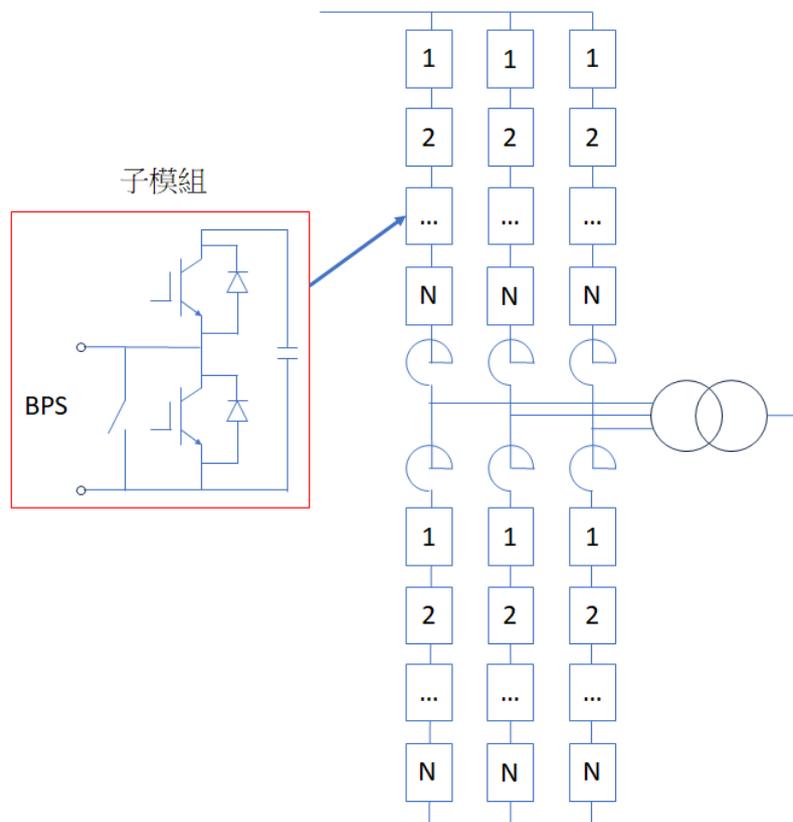
2. 技術：

電壓源換流器 (Voltage Source Converter, VSC) 的技術的發展代表了電力產業的關鍵突破，與傳統的線換向換流器 (Line

Commutated Converter, LCC)HVDC 技術相比，使用 VSC 的 HVDC 系統具有更快的反應速度、可獨立控制有效功率和無效功率及更小的佔地面積。這些優勢將 HVDC 的市場擴展到新的應用，例如整合離岸風電場、孤島模式的全黑啟動及供電給被動網路。

VSC 利用可控制的電力電子裝置來進行開啟和關閉電路，藉以產生頻率、相位和振幅可控制的交流電壓輸出，透過這種方式也可以獨立控制有效功率和無效功率，達到更精確的調節有效功率傳輸以及補償系統電壓。此外，高頻開關可減少諧波輸出，因此通常無需濾波佔地面積也更小。相對於 LCC 是具有固定電流極性，VSC 具有固定的直流電壓極性可以實現快速的電力反轉，這使得 VSC 更容易連接到多端的 HVDC 系統或「直流電網」。

三菱公司在基於 VSC 的技術上提供了 HVDC-Diamond®的解決方案，此技術一樣是透過 MMC 與大容量 IGBT 來實現，在三相電路的系統中，每相由上臂和下臂組成，而上臂和下臂各串聯許多的 MMC 子模組，根據不同的電壓等級來決定所需串聯的子模組數量，如圖十四所示。透過脈衝寬度調變(Pulse Width Modulation, PWM)對上、下臂的 MMC 子模組進行切換，產生大量精確寬度且微小振幅的脈波組合出所需的輸出波形，這將在交流側形成近乎完美的正弦波、在直流側形成平滑的電壓。由此可以在沒有交流電網連接的情況下創造交流波形以使得能夠饋入被動網路或全黑啟動操作。



圖十四 使用 MMC 的 HVDC 直流轉交流架構示意圖

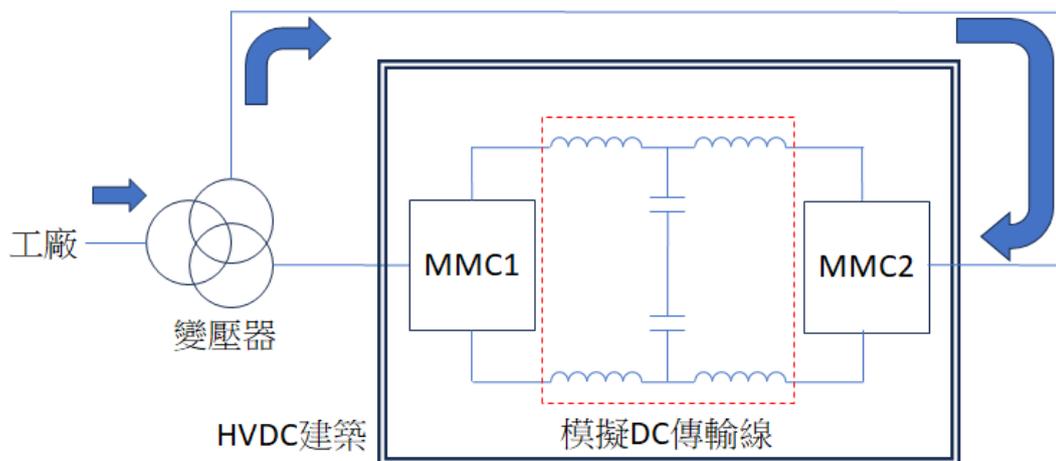
3. 應用：

(1). 不同的系統連接：

對於電壓或頻率不同等級的輸電系統，可以透過 HVDC 技術將 A 地的交流電轉換為直流，再將直流轉換為適用 B 地的交流電，可將原本兩個特性不同的電網整合在一起，達到減少備轉容量、降低系統不穩定度及可利用各種不同發電方式的價格差，來選擇最經濟的運轉模式。不同系統的 HVDC 變電站其實是可以設置在同一地點的，利用背對背的配置方式在同一建築物內即可實現電源轉換，如圖十五三菱公司在伊丹工廠所建置的 HVDC 驗證設施、圖十六則為系統架構圖。



圖十五 三菱公司的 HVDC 驗證設施



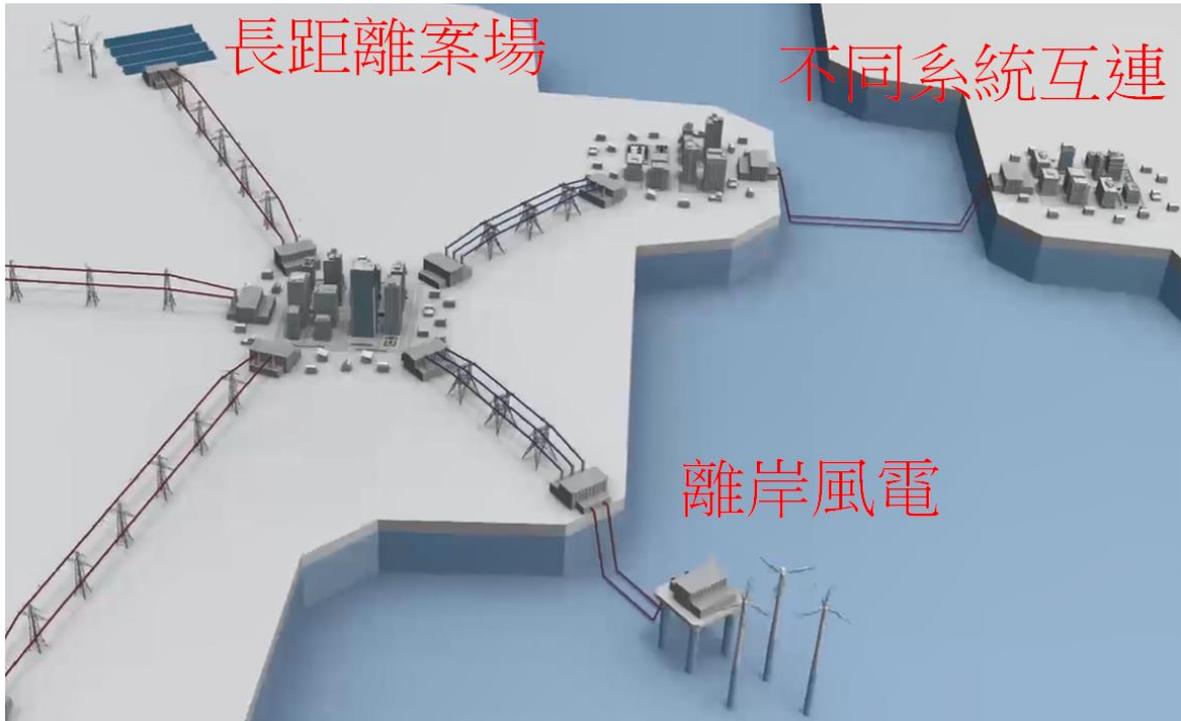
圖十六 HVDC 驗證設施架構圖

(2).長距離輸送電力：

再生能源如離岸風電、太陽光電案場通常距離負載中心很遠，HVDC 輸電的建置成本會隨著距離越長展現出比高壓交流電(HVAC)更低的優點。如圖十七為 HVDC 應用領域。

(3).使用 VSC 輔助系統穩定：

與傳統的線換向換流轉換器(LCC)HVDC 相比，使用 VSC 的 HVDC 可任意控制輸出電壓，因此具有全黑起動、調節無效功率等穩定系統的功能。



圖十七 HVDC 應用領域

(四)電池儲能系統研習

1. 概要：

電池儲能系統是將電池系統並聯到電網中，利用電池儲存電能的特性將系統上過份的充足的再生能源先儲存起來，待再生能源功率輸出減弱或電網有故障事件發生時再將所儲存的能量回送到電網。因只要將儲能系統的斷路器進行投/切，即可在 1 秒鐘內從待機狀態轉變為滿載輸出，不似傳統的發電機需要冗長的起機及加載程序，是電網中響應速度最快的可調度電源。

2. 常見電池種類：

(1). 鉛酸電池：

鉛酸電池透過鉛基板和硫酸液之間的化學反應來產生電能，當電池放電時，鉛基板與硫酸液發生反應，產生硫酸鉛會釋放電子產

生能量，當直流電加到電極上時則會發生逆向反應，將硫酸鉛還原成鉛和二氧化鉛、水再轉換為硫酸液並儲存能量。鉛酸電池擁有成本低、容量高的優點，但是過度充電時會導致電解而釋放氫氣和氧氣，甚至有爆炸的危險，再者鉛對人體有劇毒壽命也較短，現有的儲能系統鮮少採用。

(2). 鋰離子電池：

相對於鉛酸電池，鋰的設計壽命長且無需維護，再加上具有高能量密度和低自放電的特性，大多數現代儲能系統都是使用鋰離子電池。某些類型的鋰離子電池風險是可能造成失火，隨著儲能系統的數量和規模(容量)大幅增加，近期發生故障事件的數量沒有明顯的增長，因此整體的故障率降低，也可以看出各家廠商對於儲能系統的運轉安全做出了相當的努力，大部份發生故障的原因其實是可歸咎於系統上的平衡或控制的問題，而非電池本身的故障。

磷酸鐵鋰(LFP)電池由於比鈷酸鋰、鋰鈷鎳等鋰離子電池相比有較長的壽命及更佳的化學穩定性，有不易過熱或燃燒等特性更進一步的提升了安全性，已成為大型儲能系統中鋰離子電池的另一種重要類型，唯價格高於其它類型之鋰離子電池，有待業界持續努力投入研發以降低成本。

(3). 鈉離子電池：

與鋰離子電池相比，鈉離子電池具有較低的成本、更好的安全特性以及類似的電力傳輸特性，但是其能量密度比鋰離子電池低，也就是在裝置容量相同的情況下鈉離子電池會佔用較大的空間，然而隨著業界持續投入研發，目前新產品的能量密度已接近於磷酸鐵鋰電池，相信以其優越的化學性質、建置成本及可高溫運作的特性，未來有望對鋰離子電池構成挑戰。

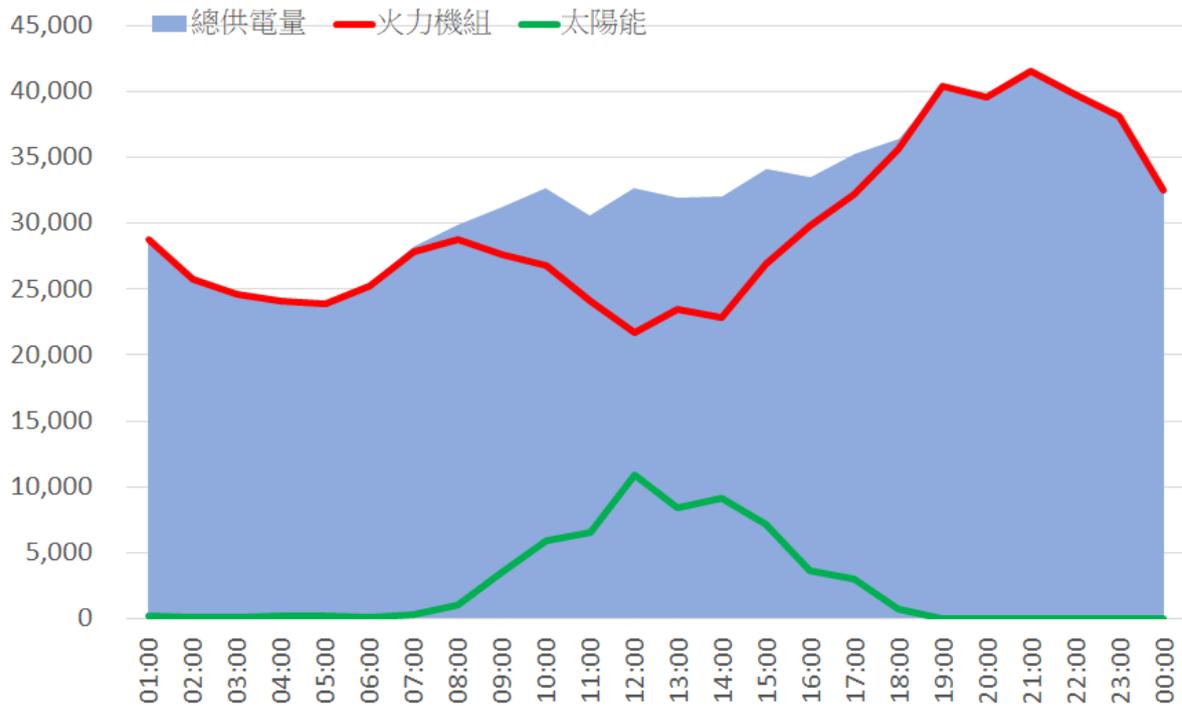
3. 運轉與維護：

不論哪一種類型的電池在運轉上的模式差異不大，常見的運轉模式有下列幾種：

(1). 綠能最大化應用：

為了達到 2050 年淨零排碳的目標，近年來在政府的大力推廣之下，建置了許多風力發電站、大型的太陽能案場、屋頂增設太陽能板，再生能源的滲透率日益提升，然而再生能源與傳統發電機不同的是具有不可預測的間歇性，例如太陽光電容易受到雲層影響，當日照減弱則輸出功率減小。為了使供電不中斷在系統上仍是要保留足夠的火力機組，以便再生能源出力減少或停止出力時能夠有足夠的機組可負擔減少的負載，但是為了因應有可能發生的暫時電力短缺現象必須要多運轉幾部火力機組，便會使得在正常情況下各機組分擔的負載低，造成效率不佳的問題。

在這情況下引入儲能系統可以對系統的負載量進行調節，當再生能源出力強勁而火力機組低載運轉時，可對儲能系統進行充電，協助消化系統上的剩餘電力，讓火力機組運轉在最適合的負載範圍；當再生能源出力減弱時(通常是日落時刻)則進行放電，用以補足太陽光電無法出力產生的缺口，以便電力調度中心有足夠的時間安排大型機組起動，如圖十八所示。



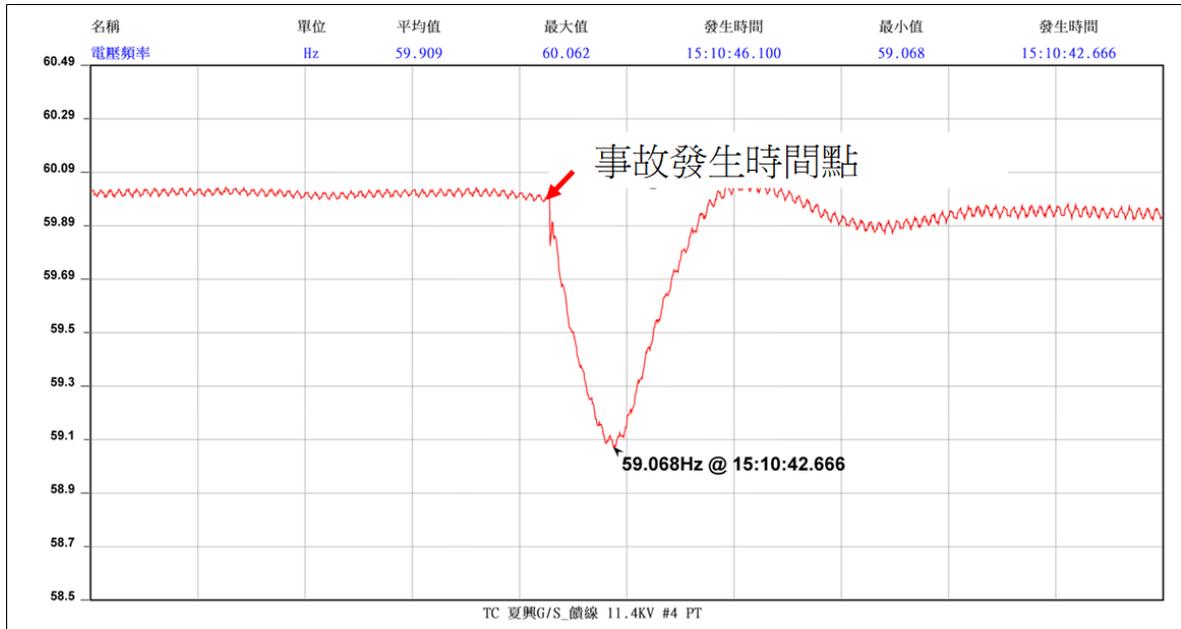
圖十八 再生能源與火力機組供電結構

(2). 調節系統頻率：

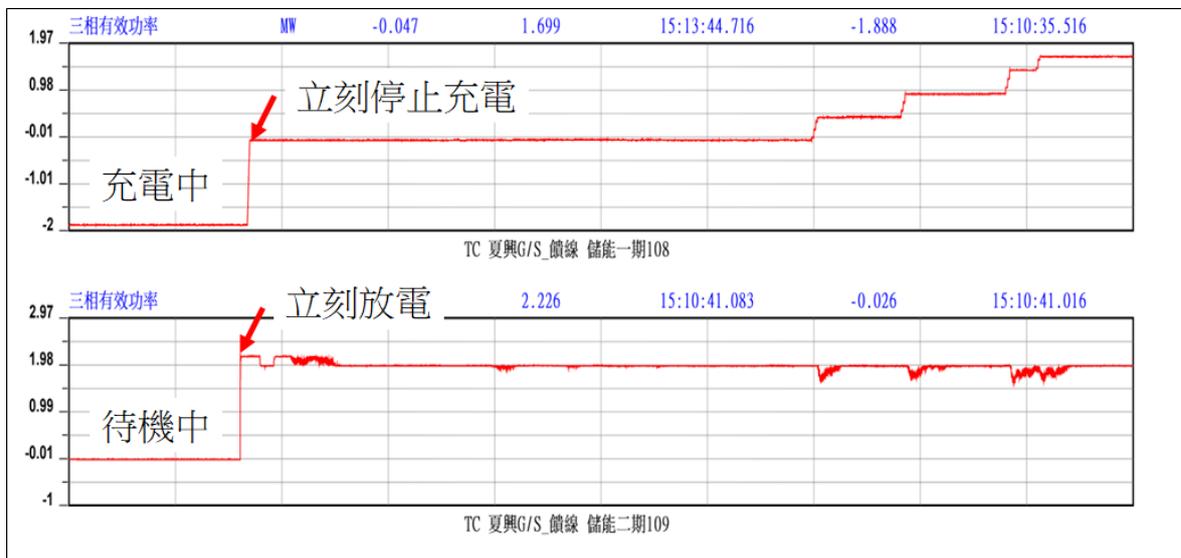
傳統的火力機組具有機械的慣性，當並聯中的機組有異常事故發生時，該機組基於保護設備的原則下會執行停機程序自電網中立刻解聯，因此原本負擔的發電量則由系統中的所有機組一起負擔，突然增加的負載將導致正常機組的轉速略為下降，若遇到大型事故同時有兩、三部以上機組同時解聯，則有可能會發生超載使老舊機組無法負擔，進而引發骨牌效應造成更大規模的停電。為了防範這種情況發生，通常會配置低頻卸載的功能，只要瞬間解聯的負載量大到某個程度使系統頻率跟著降低到某個準位，便會啟動卸載功能，把部份用戶自電網隔離，讓系統慢慢回復到供需平衡。

電池具有可快速充放電的特性，只要將斷路器投入即可瞬間滿載出力，因此相當適合在電網中有異常事故發生導致電壓或頻率異常時立刻進行放電，避免觸發低頻卸載功能。圖十九、圖二十為某一小型事故案例，事故發生後，充電中的儲能系統立刻停止充電(約

2MW)、待機中的儲能系統立刻進行放電(約 2MW)，為系統立即補上 4MW 的電力缺口，相當於 1 台機組的發電量，系統的頻率在觸及 59.068Hz 後隨即止穩，距離第 1 段的低頻卸載 57.3Hz 尚有很遙遠的一段距離。



圖十九 電網中發生事故使頻率驟降



圖二十 事故發生後充電中與待機中儲能系統動作

(3). 虛功補償：

電池提供的電壓為直流電，而電網是交流電，因此儲能系統必須要有逆變器才能把直流電轉為交流電，然後才能並入電網。只要使用與前述章節類似的 MMC 架構即可達到轉換的目的，同時亦可對

MMC 輸出的電壓進行調校，將儲能系統等效為電感性或電容性負載達到虛功補償的功能。

為了使儲能系統可以安全、穩定的運轉，良好的維護是必要的，大致上可分為下列幾項：

- (1). 每月：檢查貨櫃無變形或生鏽、貨櫃固定部份無鬆脫、排氣口無變形、接地電纜無受損、PCS 運轉時無任何異音及沒有任何異味。
- (2). 每半年：清潔電池區域的空氣過濾器。
- (3). 每年：更換除鹽過濾器。
- (4). 每 2 年：更換空氣過濾器，若是鈉離子電池儲能系統則增加更換二氧化硫感測器。
- (5). 每 4 年：更換電池風扇、UPS 電池、空調用散熱風扇、空調用冷卻扇及排氣口用過濾器。還有電池模組及控制系統的絕緣量測。

從上列不難看出電池儲能系統的維護項目相當簡單，幾乎是免維護的程度，重點也大都著重在於「防塵」與「維持冷卻功能正常」，相信在依規定遵循原廠規範的操作模式下其使用年限應可達到宣稱的 15 年到 20 年。

四、心得及建議：

- (一)發電機作為電力輸出的重要核心，一旦發生故障維修時程將曠日費時，發電機在高電壓的長時間運轉下出現絕緣劣化是無法避免的，依據原廠的使用說明進行定期維護及預防保養是必要的，三菱公司有特別提出在未來幾年定子及轉子線圈的製造工廠產能接近滿載，因此在未來幾年將屆使用壽命的發電機應注意絕緣特性是否有加速劣化跡象，以便著手規劃更新的時間點。
- (二)發電機的保護主要是由保護電驛主導，製造商為了避免保護電驛失效通常會將跳脫訊號引接至控制系統，並由控制系統再產生一道後衛保護，因此偶爾會有控制系統在設計上有過度保護的情形，造成保護電驛未動作跳脫而控制系統卻觸發跳脫命令，造成運轉風險，應定期盤點控制系統與保護電驛的設定是否一致。
- (三)因俄烏戰爭及 AI 崛起等因素，半導體相關製品的供貨仍然是相當吃緊，塔山電廠的德製機組與三菱公司的日製機組交期大致都在 200 天以上，為避免故障時需待料多時而影響機組運轉，必須要滾動檢討相關的備品是否足夠。
- (四)日本的電網規範要求再生能源併網的電力輸出變化必須控制在每分鐘 1%以內，為了達到此要求能源開發商要建置對應容量的儲能系統才能達到要求。金門地區因系統小，在政府大力支持建置再生能源情況下，多年前再生能源的發電已有相當的規模，加上用電的屬性以家庭用電居多，在冬季到春季之間正午時分再生能源的滲透率估計可佔 40%以上，為了降低再生能源出力間歇性的衝擊，公司也陸續建置了儲能系統一~四期，儲能系統快充快放的特性也確實達到削峰填谷及穩定系統頻率的功能，惟地點分散、所使用的電池類別及系統也不盡相同，在維護上具有相當的挑戰。可借鏡日本的作法，評估是否可將儲能系統的建置回歸到能源開發商。
- (五)本次很榮幸獲得各級長官青睞能有此次出國實習機會，特別感謝發電處陳組長彥宏、三菱公司唐仁原課長弘治及柳襄理俊帆協助安排此次實習行程，感謝三菱公司日本各廠的工作人員在百忙之中協助介紹各式產品及技術，實在受益匪淺。此行也見識到了他們追求完美的服務態度，時常關心機組的運轉情況及運轉時數，並預先規劃出相關的維修期程並提供給相關人員參考以利提早規劃；相關關鍵性備品的供料狀況也都有確實掌握，該要買什麼備品或是哪些備品即將停產都會提早預警，是相當好的合作伙伴。