

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

110 年第 4 季 (110.10 No.122)

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100046) 台北市中正區羅斯福路 4 段 198 號 電話：(02)2360-1084 傳真：(02)2364-9611

### 目錄

#### 研究計畫成果

- 一、立霧機組水輪機汽蝕問題流場分析及最佳化分析 .....1
- 二、DNA 條碼於電業生態研究之應用初探 .....3
- 三、台電系統慣量分析及改善對策 .....5
- 四、建置「高壓大容量短路試驗室」可行性評估 .....7

#### 研發與試驗活動

- 台電公司綜合研究所與歐洲商會低碳倡議行動共同舉辦  
「氫能技術發展及應用」研討會 .....8

### 台灣電力公司

使命：以合理成本及友善環境的方式，提供社會多元發展所需的穩定電力。  
願景：成為卓越且值得信賴的世界級電力事業集團。  
經營理念：誠信、關懷、服務、成長。

## 研究計畫成果

### 一、立霧機組水輪機汽蝕問題流場分析及最佳化分析

(能源研究室：高裕翔、廖佳麒)

#### (一)研究背景：

東發廠立霧水輪機組在運作過程，發現有汽蝕之現象。因汽蝕泡會在金屬表面上反覆生成瓦解破裂，形成循環應力，將造成金屬的表面疲勞。一般會對葉輪葉片造成相當程度損傷，希望藉由流體數值模擬水輪機流場情形，利用壓力場分析此現象並考慮是否可進行設計變更，以改善效率並避免此現象。為達到此目的，本研究案先將水輪機動葉輪進行逆向建立 CAD(Computer Aided Design)模型，再進行 CFD(Computational Fluid Dynamics)數值分析。

除了 CAD 重建及 CFD 分析，為了後續將 CAD/CFD 流程與 SmartDO 軟體整合以進行數值最佳化設計，先建立 CAD 模型時將建立可變動的參數模型，並以批次模式進行整合，使不同軟體間之執行串連能更自動化，並且 CFD 之分析壓力結果將輸出供 CAE(Computer Aided Engineering)結構分析使用。本研究流程整合及最佳化設計平台使用 SmartDO 軟體。CAD 使用 NX 軟體。CFD 分析使用 StarCCM+軟體。結構分析使用 ABAQUS 軟體。

#### (二)研究內容：

1. 核心演算法-CAD 到 CFD 最佳化數學模式建立。
2. 在 NX 軟體中建立水輪機的參數模型
3. 使用 NX 軟體輸出的 CAD，在 SmartCCM 軟體中建立氣蝕分析之 CFD 模型。
4. 以 SmartDO 軟體整合 1~3 之結果，進行自動最佳化設計。工作內容之流程如圖 1 所示。

#### (三)研究成果：

1. 在 NX 軟體中建立自動化之水輪機動輪參數模型，如圖 2。
2. 成功建立以 StarCCM 軟體數值分析模擬預測水輪機運行中汽蝕行為之流程。
3. 以 SmartDO 軟體整合 1、2，建立一個水輪機全自動優化設計之系統，並同時考慮流場行為，性能及汽蝕之要求。
4. SmartDO 軟體在此例中成功產生一個新的優化設計，經 CFD 分析之性能指標與原始設計相比，水輪機輸出扭矩增加約 60%。圖 3 及圖 4 所示為原始設計與 SmartDO 優化設計後之葉輪比較。

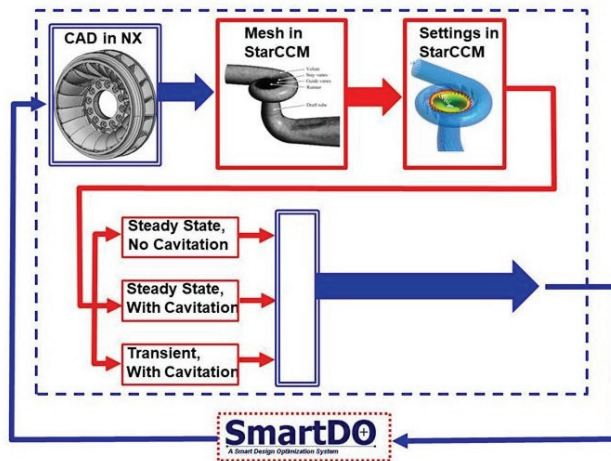


圖 1 工作流程圖

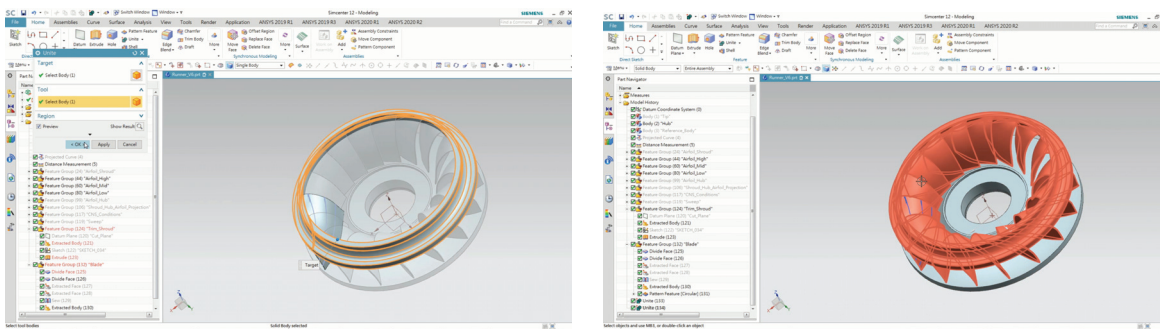


圖 2 在 NX 中建立自動化之水輪機動輪參數模型

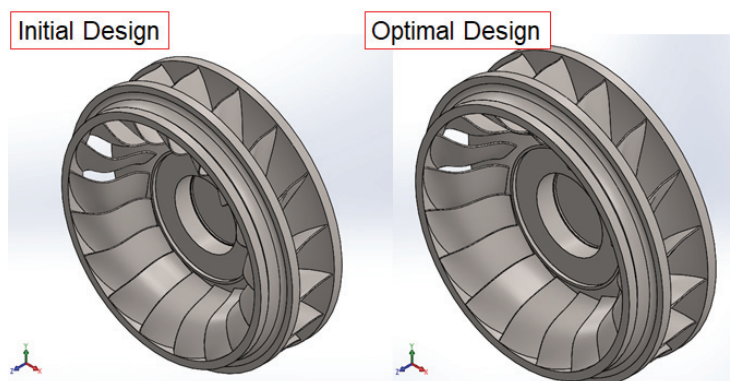


圖 3 原始設計(左)SmartDO 優化設計比較(1)

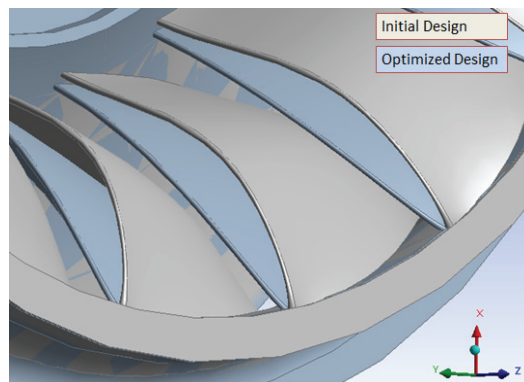


圖 4 原始設計(左)SmartDO 優化設計比較(2)

### (一) 研究背景與目的：

DNA 條碼(DNA barcode)是生物學研究上常用的技術之一，其原理係經由定序特定的 DNA 片段後，藉由該 DNA 片段中不同的排列組合來辨識不同的物種，概念類似超市的商品條碼或是圖書的 ISBN 全球通用碼，因此被廣泛應用於生物種類鑑定、生物多樣性及親緣分析等研究中。

近年來台電公司積極投入生態保護，不管在陸域(如水力電廠)或海域(如離岸風場)都有許多重要電業生態議題，亟需導入專業技術並進行研究，本研究以大潭電廠及林口電廠生態研究案為例，探討 DNA 條碼於電業生態研究之應用可行性。

### (二) 研究方法與內容：

本研究以電廠鄰近海域中的殼狀珊瑚藻及魚苗做為研究素材，並進行種類鑑定，其中殼狀珊瑚藻採自觀新藻礁的海漂塑膠瓶，而魚苗則採自林口電廠溫排水渠道，樣本自野外採集後均保存於 95%酒精中，避免 DNA 產生降解(Degrade)。

樣本組織使用 QIAGEN 公司生產之 DNA 套組進行萃取，再利用聚合酶連鎖反應(Polymerase Chain Reaction, PCR)來放大(Amplify)兩段特定的分子標記(Molecular Markers)，其中珊瑚藻的部分使用核糖體 SSU(the Small Subunit of the Ribosomal rDNA)及葉綠體 psbA (Photosystem II protein D1 coding gene)的序列，而魚苗的部分則是使用粒腺體 COI (Cytochrome c oxidase I)序列，聚合酶連鎖反應(PCR)後的 DNA 產物再經由定序(Sequencing)得到各樣本之 DNA 特定序列。

定序後之 DNA 序列使用 MEGA X 軟體進行親緣關係分析(Phylogenetic Analysis)，並額外自美國國家生物技術資訊中心(National Center for Biotechnology Information, NCBI)的基因銀行(Gen Bank)下載相似 DNA 序列一併加入比對，親緣關係

樹使用近鄰相接法(NJ; Neighbor-Joining Method)及最大似然法(ML; Maximum likelihood method)進行建構，並利用拔靴法(Bootstrap Method)測試分群(Clustering)之可信度。

### (三) 成果與應用：

#### 1. 殼狀珊瑚藻分析結果

SSU(圖 1)及 psbA(圖 2)親緣分析結果顯示本研究所採集到的 6 個珊瑚藻樣本與 Liu 等(2018)文中其中一種膨石藻 *Phymatolithon* sp. 1 極為相似，且與 *Phymatolithon margoundulatus* 及 *Phymatolithon* sp. 2 均具有一定遺傳分歧(Genetic Divergence)。

#### 2. 魚苗分析結果

COI 親緣分析結果(圖 3)顯示 37 隻魚苗可被分為至少 7 個分類單元(Taxonomic Unit)，包含 6 個已知品種：前鱗龜鯪(*Chelon affinis*，俗名豆仔魚)、龜鯪(*Chelon haematocheilus*，俗名豆仔魚)、海鯪(*Elops machnata*)、日本海鯪(*Nematalosa japonica*)、刺公鯪(*Encrasicholina punctifer*)、黑棘鯛(*Acanthopagrus schlegelii*)，其中以前鱗龜鯪數量最多，約佔 70%(26/37)，其餘 5 個物種分別佔 3~8%不等。

#### 3. 結論及未來應用

本研究結果 DNA 條碼可實際應用於電業生態研究，並能在專業背景知識不足之情況下提供相當大的幫助。過往已知利用外部型態進行殼狀珊瑚藻及魚苗的鑑定並不容易，但本研究的兩個例子藉由 DNA 條碼技術的使用，可以很明確的鑑定出生物品種，以利進行生態學相關分析及研究。在台電公司持續投入生態保護的政策下，相信未來 DNA 條碼技術將可以廣泛應用在不同的電業生態研究議題上。

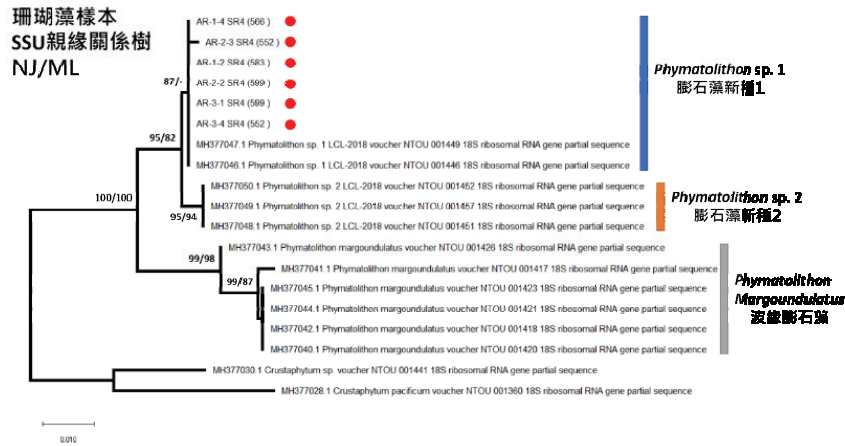


圖 1 SSU 親緣關係顯示本研究所的珊瑚藻樣本(紅點)與 Liu 等(2018)中所鑑定的影石藻新種 1 應該是同一品種

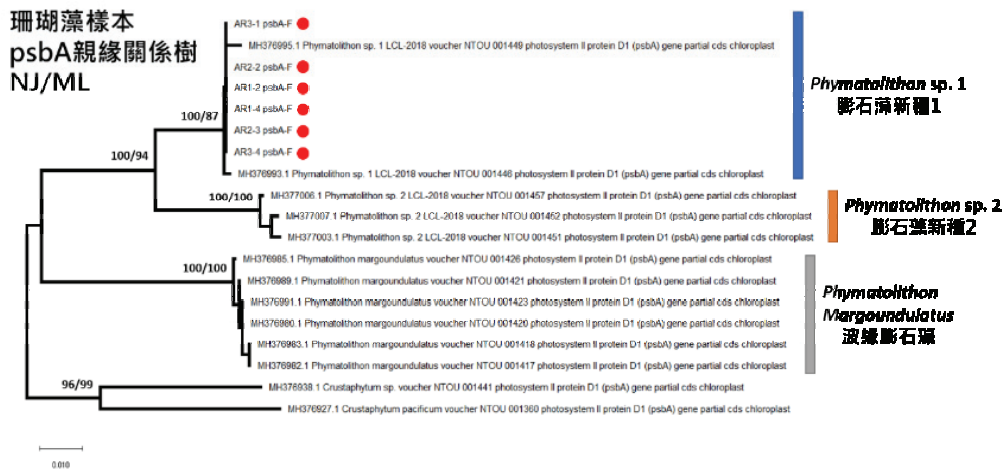


圖 2 psbA 親緣關係顯示本研究所的珊瑚藻樣本(紅點)與 Liu 等(2018)中所鑑定的影石藻新種 1 應該是同一品種

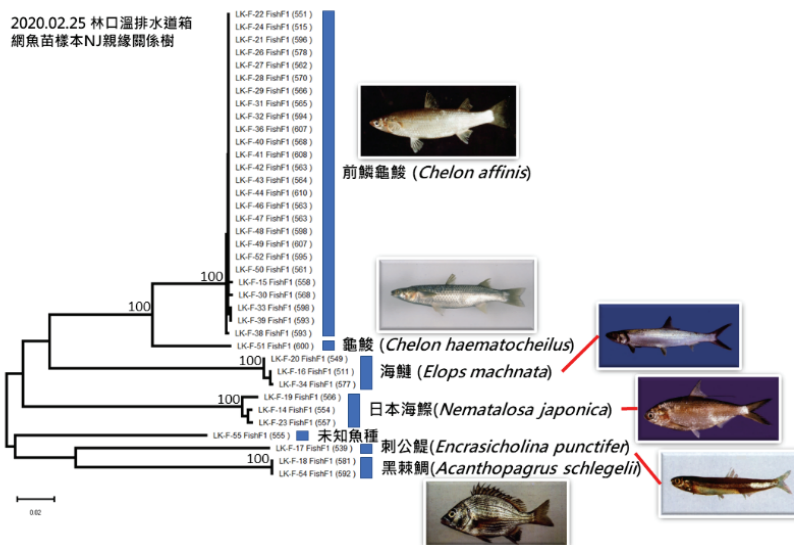


圖 3 DNA 生命條碼鑑定結果顯示 2020 年 2 月 25 日於林口溫排水道箱網採集到之魚苗可被分為 7 個分類單元 (Taxonomic Unit)，包含 6 個已知魚種及 1 個未知魚種 (魚種照片取自台灣魚類資料庫)

### 三、台電系統慣量分析及改善對策

(電力研究室：陳健舜、黃千華、廖清榮、許炎豐)

#### (一) 研究背景：

因應政府 2025 年再生能源推廣目標，再生能源總裝置容量達到 26.938GW，隨著電力電子設備對於系統占比逐步的提高，同步發電機比例逐漸減少，電力系統等效慣量將逐步降低，由此帶來之後果將是電力系統在面對大擾動(如跳機、三相短路等)事件下系統頻率變動增加，頻率穩定性變差，電力系統將可能面臨 ROCOF 增加、備轉容量降低以及極端頻率變化的狀態，對於大擾動事件的系統回復能力大為降低以及對於暫態穩定度裕度變小等相關影響。因此，本研究主要目的是檢視未來再生能源併網增加後對於台灣電力系統慣量的影響，並探討可能提升系統慣量的作法，以增加系統運轉的穩定度

#### (二) 研究內容及成果：

本研究進行大量再生能源併入台電系統的模擬分析。模擬的情境分別假設再生能源發電量介於 6GW-16GW，以每 2GW 為間隔之六種不同再生能源發電量之情境，並分別模擬八種不同跳脫量之頻率擾動事件。

再生能源高佔比之 PSS/E 系統檔的建立方式為使用 2026 年於輕、尖載之 PSS/E 系統檔進行，模擬情境假設如下：

1. 再生能源發電情況：因模擬結果著重於觀察頻率變化，且在 PSS/E 模擬中所使用之 PV 動態模型

係由 Type4 風機模型為原型延伸而建，本次模擬加入之再生能源以 PV 模型為主，暫不考慮風機可能含有之轉動慣量。

2. 再生能源分布情況：加入之再生能源發電量以北部占 5%、中部占 35%、南部占 60%的比例設定分布於系統之中。
3. 機組替代順序：考慮老舊機組優先替代、燃氣機組優先替代，民營電廠 (IPP) 因合約可能改變暫不替代，維持原發電情況，當南部無機組可替代後，改替代中、北部機組，並在南部新增 PV 發電源。
4. 再生能源設置位置：為使潮流解較易收斂，再生能源設置於被替代之傳統機組發電側，替代中、北部機組之 PV 位置併接於南部 345kV bus。
5. 本次模擬替代機組之選定原則屬於混合方式，基於上述幾點設定，為模擬最保守情境，在替代時若能關一部傳統機組便會完整取代，同時為了匹配情境設定之再生能源發電量，部分機組只有降載，並未一次取代。
6. 負載情況：本研究中，在動態模擬期間負載實功皆設為定功率模式，虛功設為定阻抗模式。
7. 案例設定皆為模擬穩態情境開始 1 秒後才發生系統事故。

輕載模擬結果統計表如表 1 及圖 1，尖載模擬結果統計表如表 2 及圖 2，以 8GW 為例。

表 1 輕載(再生能源發電量 8GW)模擬結果統計表(再生能源占比 40.53%)

CASE	機組總電量 (MW)	跳脫占比(%)	跳機後最低頻率	頻率跌幅 (Hz)	最低點時間(s)	同步慣量(GW*S)
1	21558.7	0.696	59.841	0.159	13.58	119.42
2	21558.7	1.392	59.667	0.333	13.88	118.01
3	21558.7	1.966	59.521	0.479	14.42	118.39
4	21558.7	2.430	59.410	0.590	14.43	114.84
5	21558.7	2.893	59.279	0.721	14.85	111.29
6	21558.7	3.357	59.138	0.862	14.65	107.50
7	21558.7	3.932	59.010	0.990	14.78	115.94
8	21558.7	5.897	58.481	1.519	14.86	113.49

表 2 尖載(再生能源發電量 8GW)模擬結果統計表(再生能源占比 21.55%)

CASE	機組總電量 (MW)	跳脫占比(%)	跳機後最低頻率	頻率跌幅 (Hz)	最低點時間(s)	同步慣量(GW*S)
1	40547.1	0.370	59.919	0.081	14.62	194.08
2	40547.1	1.045	59.766	0.234	13.41	193.05
3	40547.1	1.621	59.638	0.362	14.39	191.47
4	40547.1	2.090	59.483	0.517	14.64	190.6
5	40547.1	2.666	59.381	0.619	14.79	189.02
6	40547.1	3.136	59.262	0.738	14.67	188.15
7	40547.1	3.711	59.121	0.879	15.07	186.58
8	40547.1	4.181	58.993	1.007	15.33	185.19

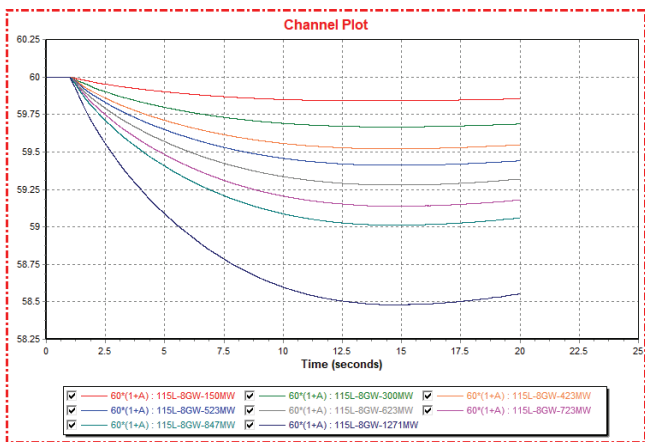


圖 1 115 年輕載(再生能源發電量 8GW)不同跳脫量下的頻率

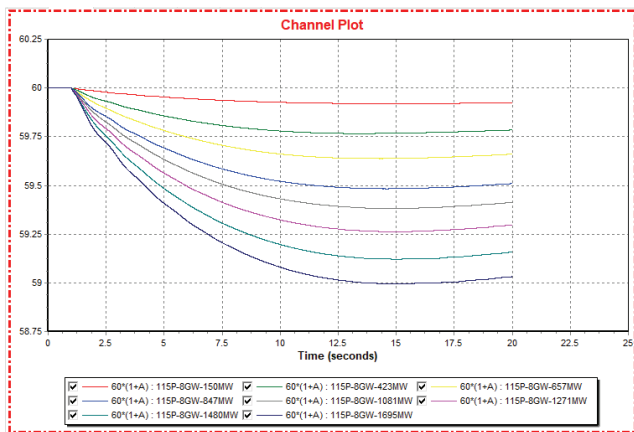


圖 2 115 年尖載(再生能源發電量 8GW)不同跳脫量的暫態頻率

在上述輕載情境下，若考慮不同模擬情境下的跳脫占比、頻率跌幅、以及同步慣量，並以泡泡圖的呈現方式彙整如圖 3 所示。其中泡泡的大小表示系統中發電機整體慣量大小。由圖可看出在 115 年輕載時，即使再生能源占比提高，跳脫占比與頻率跌幅仍呈現高度相關。例如在相同的跳機占比下

(%)，若再生能源併入的量愈多(如 16GW)，則頻率跌幅愈大(約 2.5Hz)。此外，在相同的再生能源占比情境中，隨著發電機跳脫量占比的增加，所造成的頻率跌幅越大。再者，在相同的跳脫占比情境中，隨著系統同步慣量的增加(如圖中的藍色泡泡較綠色泡泡慣量大)，所造成的頻率跌幅越小，尖載時也有相同的情形，彙整如圖 4 所示。

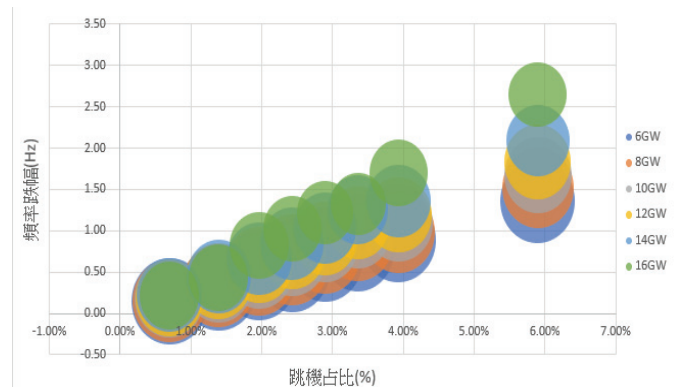


圖 3 115 年輕載之頻率及跌幅跳機占比與同步慣量泡泡圖

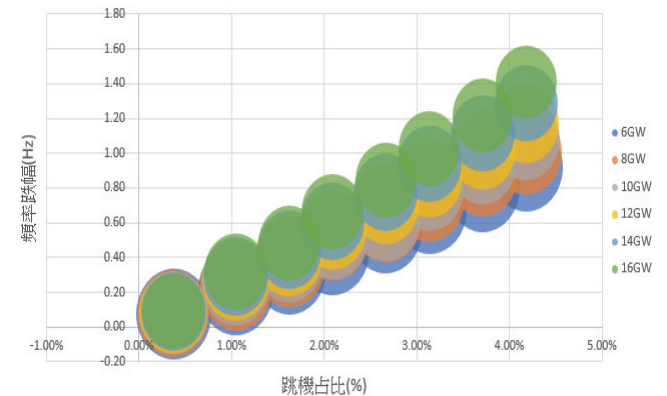


圖 4 115 年尖載之跳機占比及同步慣量與頻率跌幅泡泡圖

### (三) 結論：

當再生能源占比增加時，部分傳統發電機組必須解聯以維持電網供需平衡，這樣會造成系統的慣量減少。由模擬結果可以看出以下結論：

1. 當再生能源發電量大幅提高後，輕、尖載之跳脫占比與頻率跌幅皆仍有高度正相關。
2. 當再生能源發電量大幅提高後，系統慣量與頻率

跌幅也仍具有高度線性關係。

3. 若系統慣量減少，當發生相同的暫態事故時，所造成的頻率跌幅及系統頻率變化速度將增加，對於系統的衝擊也將越大。
4. 在不同再生能源發電量及不同跳脫量的模擬情境中，其 ROCOF 與頻率跌幅是呈線性變化的。

## 四、建置「高壓大容量短路試驗室」可行性評估

(高壓試驗組：溫建樹)

### (一) 研究背景：

我國高壓大容量短路試驗能量不足，長久以來國內電力業者需送國外試驗，除曠日廢時並要花費數百萬新台幣方能完成型式試驗。為配合國家能源政策與電業法修法，台電公司綜合研究所展開高壓試驗設備與試驗能量的更新與擴建計畫。

本案為「36kV 40kA 高壓大容量短路試驗室」建置工程的可行性評估研究，藉此針對台電公司綜合研究所之兩個所區(樹林所區與深澳所區)用於建置國際級高壓大容量短路試驗室的可行性作廣泛地探討與比較。可行性評估主要項目包含：最適使用面積/位置、搬運道路限制、環境風險影響、試驗室營運模式、以及電力系統衝擊分析等。

### (二) 研究成果：

關於最適使用面積/位置，研究結果表明樹林所區與深澳所區皆可建置國際級高壓大容量短路試驗室。本案另有調查國內電力器材製造商偏好短路試驗場設置地點，調查結果顯示國內電力器材製造商較偏好樹林所區。

關於搬運道路限制，假設試驗採用採用短路發電機當做試驗電源，對於短路發電機的重件設備(發電機定子)搬運到樹林所區而言，研究結果建議選擇「台北港重件碼頭→台 61 快速道路→台 15 省道→台 4 省道→台 110 縣道→台 114 縣道→樹林所區」作為運輸路徑。對於試驗設備中的重件設備(發電機定子)搬運到深澳所區而言，研究結果建議選擇「基隆港東碼頭→台 2 線省道→深澳所區」作為運輸路徑。此路線行經台 2 線省道至深澳所區的運輸距離約 9.2km，由於需經過市區，部分道路較狹窄，且沿路架空電信與監視號誌線繁多，運輸時必須全線交通管制。

關於環境風險影響，樹林所區與深澳所區受到颱風災害的比率約佔影響台灣之颱風路徑總數之

(26.1至38.6)%；而在兩個所區之基地預定範圍內，並無明顯歷史坡地災害、土石流及淹水之風險。此外，兩個所區附近之斷層皆屬第二類活動斷層，非屬經濟部中央地質調查所公布之第一類活動斷層，故均較無地震災害的影響。另外，鄰近深澳所區之深澳灣具海嘯溢淹之潛勢，溢淹高度可能達(1至3)公尺。故建議深澳所區基地高程至少回填達 EL. +8.0m 以上，使基地高程提高至溢淹潛勢水位之上，減少重要設備及建築物設施受海嘯衝擊之影響。綜整而論，短路試驗室儘管有機會遭遇天災，但在相對應的防制對策及考量下，受到的影響程度並不高。

關於電力系統衝擊分析，若直接採用電力系統做 36kV 40kA 短路試驗的電源，模擬結果顯示樹林與深澳所區臨近變電所匯流排電壓低於 0.9 p.u.，並不符合「台電輸電系統規劃準則」。若採用短路發電機做短路試驗的電源，模擬結果顯示樹林與深澳所區臨近電力線路的電力潮流、短路電流、暫態穩定度及短路試驗電壓驟降等項目，均可符合台電公司相關規範。

### (三) 結論：

本研究計畫係廣泛探討與比較綜合研究所兩個所區(包含：樹林所區與深澳所區)用於建置國際級「36kV 40kA 高壓大容量短路試驗室」之各項可行性評估。最終總結為：在樹林所區與深澳所區建置國際級「高壓大容量短路試驗室」皆屬可行。

此外，關於未來建置「高壓大容量短路試驗室」之各階段工作，列舉各階段的工作如下：

1. 試驗室初步規劃與設計。
2. 試驗室細部設計案招標。
3. 試驗室設備規格制訂(含試驗室設計施工圖繪製)。
4. 環境評估(視廠區需求而定)。
5. 試驗室專業人員訓練(視需求可派員至國外同等

- 試驗室受訓)。
- 6. 試驗室主建物土建(改建)工程案招標。
- 7. 廠區整地與主建物之土建(改建)工程施工。
- 8. 試驗室設備採購案招標。

- 9. 試驗室設備搬運。
- 10. 試驗室設備安裝。
- 11. 試驗室設備調試。
- 12. 試驗室完工驗收。

## 研發與試驗活動

### 台電公司綜合研究所與歐洲商會低碳倡議行動共同舉辦「氫能技術發展及應用」研討會 (研究發展企劃室:張翔琳)

為響應全球減碳趨勢，綜合研究所與歐洲在臺商會低碳倡議行動規劃辦理一系列的綠能交流研討會，自 110 年 4 月 22 日「國際 2050 年碳中和策略方向及路徑規劃」研討會後，持續於下半年度共同規劃氫能技術、太陽能板及風機葉片回收、離岸風電及儲能技術等議題之交流研討會，以確實掌握國際趨勢。

第二場「氫能技術發展及應用」交流研討會於 110 年 7 月 6 日採視訊方式辦理，並廣邀歐洲商會低碳倡議行動會員及本公司相關單位共約 260 人參加。本會議由綜研所鍾所長及歐洲商會低碳倡議行動指導委員王秀雲共同主持，另外也邀請到經濟部能源局副局長李君禮代表致詞，並由亞東工業氣體

(Air Liquide)、捷熱能源(Jera)及日本 IHI、沃旭能源(Orsted)及德國萊因公司(TÜV Rheinland)分享國際對於氫能技術發展及應用之見解，相關議題包括：歐洲的綠氫政策和應用案例、氫氣產業供應鏈分析、氫氣混燒技術、氫氣之製造、輸送、儲存以及風險管理和安全控制措施等相關應用。本次研討會深入探討全球氫能產業現況與展望，可作為本公司規劃氫能技術發展策略之參考。

台電公司身為台灣的主要電力供應者，對於淨零碳排的國際趨勢更需要積極準備與因應，後續本所將繼續與歐洲商會共同辦理下半年度之綠能交流研討會，希望吸取各國的經驗發展最適合我國的減碳途徑。

活動照片：

