

# 電力研究簡訊

## Power Research Newsletter

110 年第 1 季 (110.01 No.119)

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、核一廠廠區 3D 互動式場景及資訊平台之建立 .....1
- 二、綠能調控機制強化系統運轉能力 .....3
- 三、超高壓輸電線差流保護跳脫事件分析 .....5
- 四、未來發電公司之規劃與籌設研究 .....7

### 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、核一廠廠區 3D 互動式場景及資訊平台之建立 (負載管理研究室：蘇嬛嬛、張文奇)

#### (一)緣起：

核一廠整體的除役計畫即將啟動，廠址內放射性物質特性鑑定是核能電廠除役重要準備工作，尤其各組件工程資訊、輻射劑量分佈情形、輻射特性調查資料等，但進入核電廠現場作業具有相當高的風險，像是工作人員現場經驗不足、長時間輻射場所滯留、劑量暴露的等等問題，皆需要妥善規劃作業，降低現場人員工安及輻射的風險，因此，若能將其傳統作法與經驗值，轉化為數位化科技，藉由工程視覺輔助技術的應用，透過完整且準確的工程參數，建立起整個核能設施的數位模型資料庫，及建立工程環境作視覺化模擬呈現，藉由所提供各項工程資訊數據、虛擬實境預覽等，將可大幅有助在作業前進行妥善且周延之規劃工作項目與內容，俾利於除役前所做之前置處理。

#### (二)研究內容：

本研究建立一套具互動式 3D 視覺平台，運用後端數據、相關工程資料……等原始資料數據，前端 3D 建築結合後端資料，以嚴肅遊戲互動式視覺化呈現輻射偵檢結果及組件工程資訊，架構圖如圖 1。

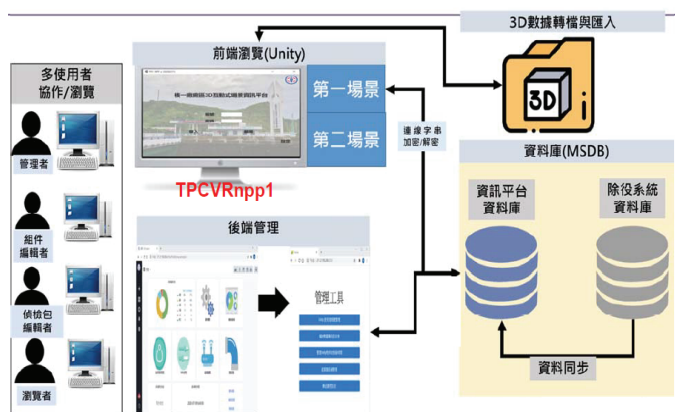


圖 1 3D 視覺平台架構圖

後端管理平台則可供查看各式報表，讓各資料掌管部門進行數位化管理及查看組件個別資訊。



圖 2 後台管理平台之畫面

前端 3D 視覺化平台採用 Unity3D 來開發，可匯入 BIM 或 CAD 檔呈現組件或管線拆除前後之場景變化，供後續除役團隊事先規劃或預覽執行步驟。於後台資料庫組件或管線之除役日期欄位，填入拆除開始與結束區段組件/管線/輻射偵檢點資料，從後台資料庫讀取，在正確場景位置與 User 互動。

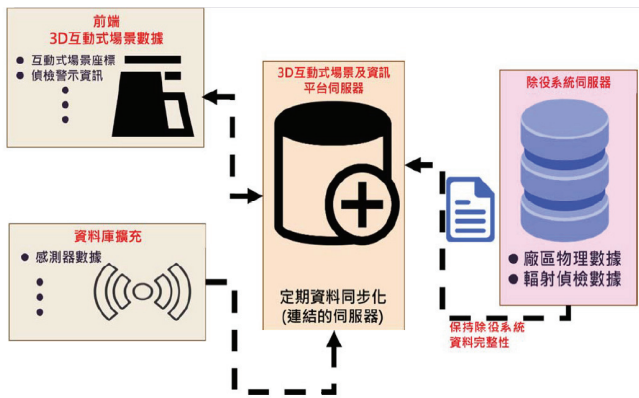


圖 3 前端架構圖

前端程式採用 Unity3D 建置 3D 場景及資訊平台，建立匯入建築物 BIM 或 CAD 檔之標準資訊，供日後新檔案匯入依循，並使系統中建築物模型能以互動式方式呈現除役拆除工作建築物變化。

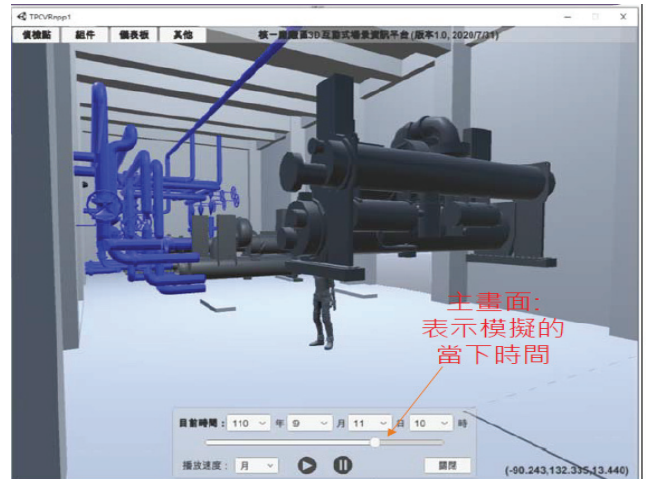


圖 4 前端 3D 平台畫面

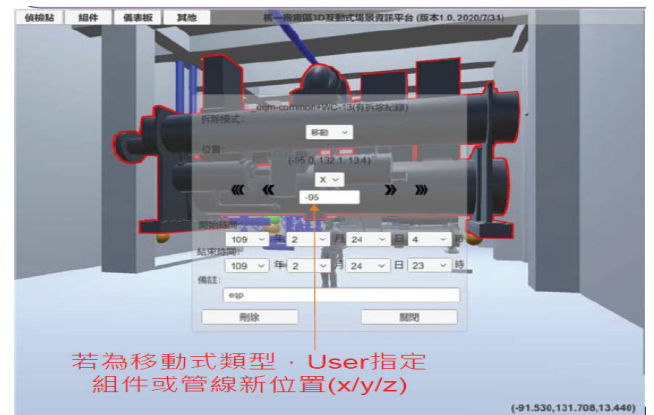


圖 5 可移動之組件，以模擬拆除情況

以第三人視角，讓使用者可在 3D 場景中漫遊。針對欲前往工作之地點、廠區及房間，先了解其現場布置、輻射劑量分布及現場組件工程資訊，如圖 6、圖 7、圖 8。以增加事前規劃之詳細程度來減少人員進去輻射地點之時間，有助於減少人員累積之輻射量。

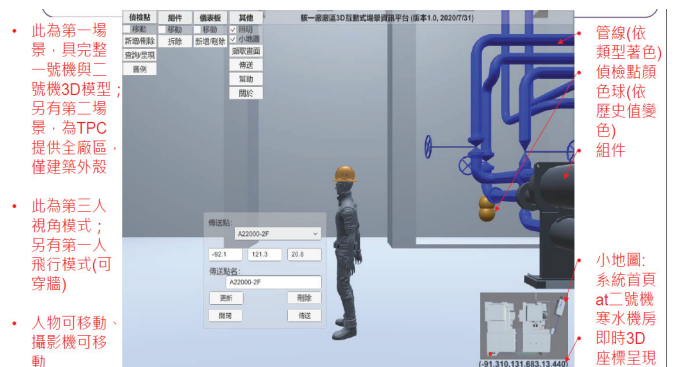


圖 6 畫面資訊簡介

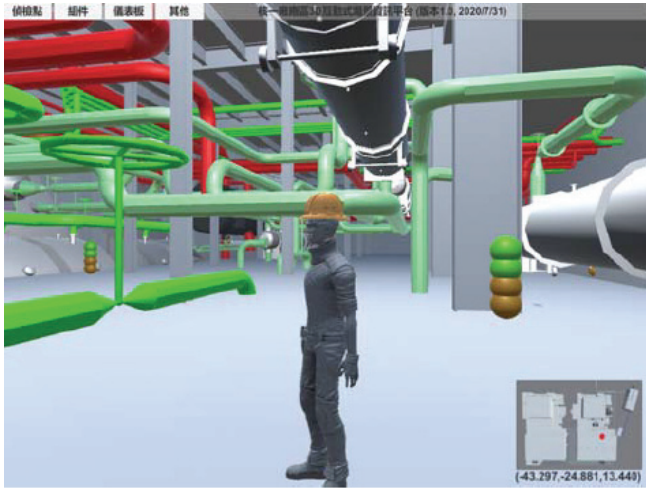


圖 7 瀏覽目標房間之管線



圖 8 點選物件顯示組件資訊

## 二、綠能調控機制強化系統運轉能力

(資訊與通信研究室：黃國禎)

### (一)緣起：

配合我國能源轉型，將有 20GW 太陽光電及 6.5GW 風力發電系統併接於台電電網，綠能發電佔比於輕載季節高過 50% 以上，將導致系統慣量及虛功不足，而影響系統供電穩定度及電壓品質，因此必須規劃綠能調控管理系統，導入綠能調控機制之研析，並與能源管理系統作整合，以強化台電系統之運轉能力。本論文探討綠能調控機制之研析功能並執行綠能發電系統功率輸出現場調控測試，當台電輸電系統發生 N-1 事故時，藉由綠能發電輔助服務實功與虛功調度控制決策，可解決線路壅塞及變電所電壓異常問題。

為規劃綠能調控機制，並整合納入輸電系統調度範疇，本論文探討目前台電調度處及供電區處能源管理系統之輸電系統調度模式，根據區域性綠能調控發電預測及綠能輔助服務功能調度，評估台電輸電系統於正常運轉條件或系統突然發生故障，如發電機跳脫及輸電線路短路等不同情境，分析可能之輸電系統線路壅塞或變電所電壓異常的情況。推導大型太陽光電廠或風力發電廠之控制決策，最後藉由通信網路，配合傳輸控制信號格式，從供電區處控制中心下達控制指令給綠能調控發電系統閘道器，執行太陽光電智慧變流器之調控，並收集綠能調控發電系統測試案場之發電資訊，評估綠能調控發電系統輔助服務功能調控，對解決未來台電電力系統綠能高佔比運轉問題之效能。

### (二)研究方法：

為驗證 PV 智慧變流器輔助服務調控功能，本論文建立綠能監控系統如圖 1 所示，並選定大型 PV 系統(100MW 彰光案場)進行虛功與實功輸出調控

測試，並由台電高雄 CDCC 傳送調控指令，透過位於台中 ADCC 的 TREMS 伺服器將調控指令傳送至彰光案場的 PV 閘道器，PV 閘道器再將控制指令傳至 PLC 控制器，最後由 PLC 控制器將控制指令傳至彰光案場的 100 台智慧變流器，調控整個彰光案場的實功及虛功輸出，探討綠能調控機制之研析對台電系統調控效能。

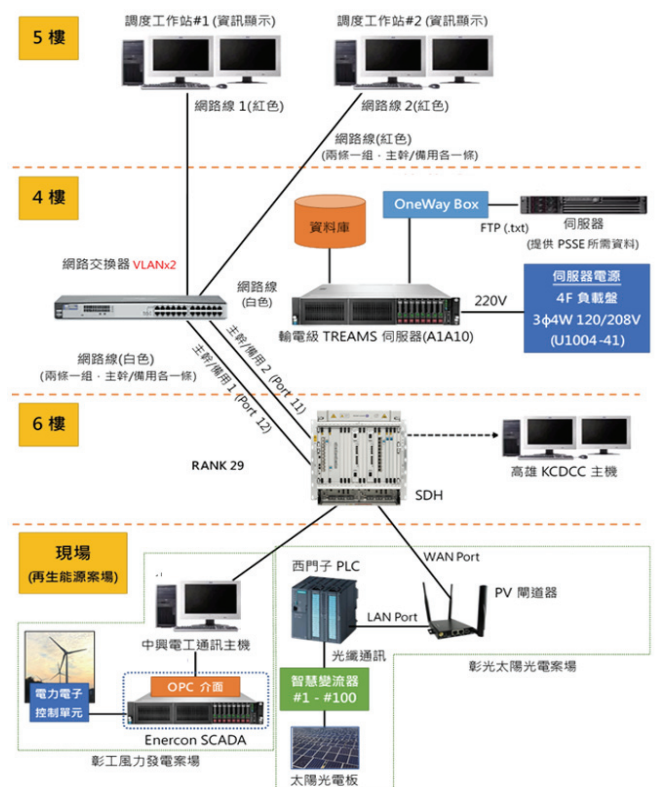


圖 1 綠能發電控制示範系統架構

1. 功率因數調控實測結果：

圖 2 為功率因數調控實測結果輸出曲線圖，調控前彰光案場的智慧變流器均運轉於功率因數為 1 的狀態，當運轉至 7 秒時從高雄 CDCC 下控制指令，將功率因數設定為 0.9 領先，此時實功率輸出維持 36 MW，虛功率輸出由 0 Mvar 上升至 21 Mvar，並於 5 秒內完成控制，接下來維持虛功輸出 21 Mvar，運轉至 97 秒時下指令將功率因數設定恢復為 1.0，虛功率輸出則於 5 秒內由 21 Mvar 降低至 0 Mvar。

由圖 2 可得知彰光案場的線電壓(藍線)會隨著功率因數(黃線)及虛功率輸出(灰線)的變化而下降，當功率因數調控為 0.9 領先時，彰光案場會從系統吸收虛功 20 Mvar，彰光案場的線電壓則由 162.5 kV 減少為 162.15 kV，而能夠有效抑制電壓過高的問題。由實測結果可知，透過智慧變流器執行功率因數調控，可有效抑低 PV 案場電壓，而改善因大量綠能調控併網造成的過電壓問題。

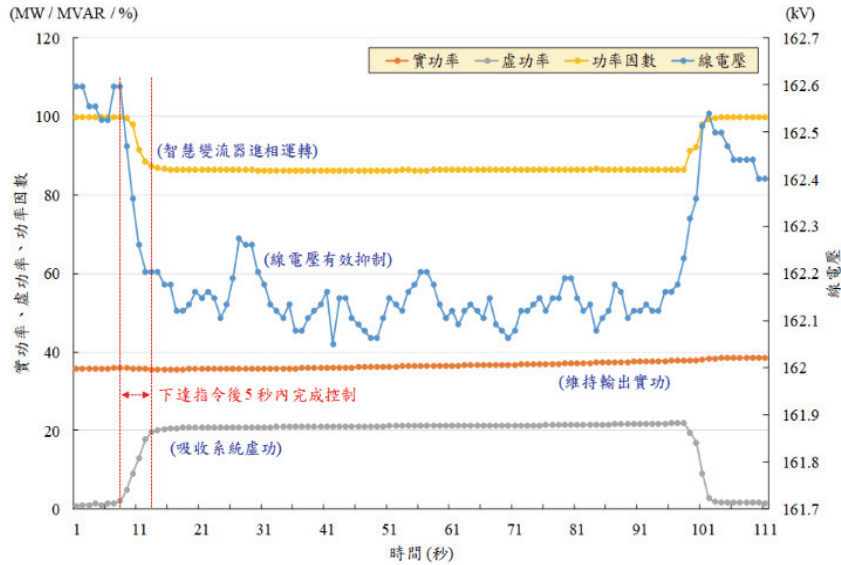


圖 2 彰光案場功率因數調控實測結果

2. 實功調控實測結果：

彰光案場的實功調控結果如圖 3 所示，調控前彰光案場的實功發電量約為 35.5 MW，當系統運轉至 48 秒時從高雄 CDCC 下達實功調控指令，將實功輸出降載當時實功發電量 10%，並於 5 秒內完成調控，實功輸出變為約 30

MW。降載後持續運轉至 182 秒時，再調控使實功輸出分階段緩慢升載 5%，過一段時間再升載 5%，使實功輸出逐步調升。由於彰光案場調控的實功輸出量僅 5 MW，對於系統頻率的影響較不顯著。

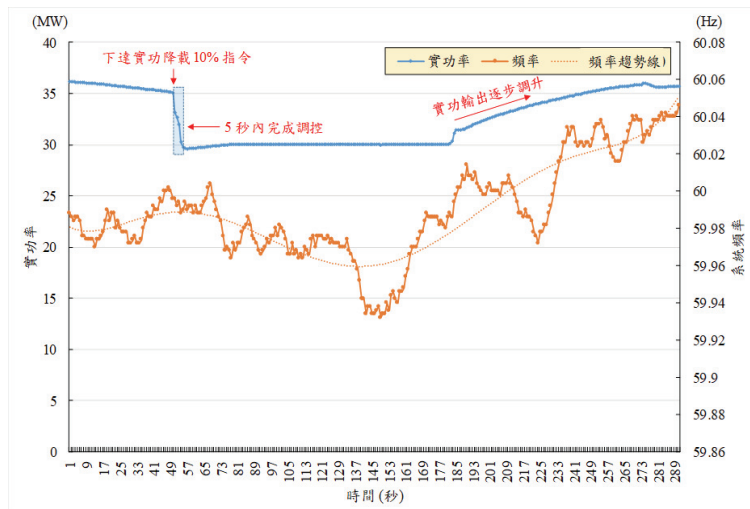


圖 3 彰光案場實功調控實測結果

### (三)研究成果：

1. 探討綠能發電系統輔助服務之調控機制，達成虛擬同步發電機自動發電及功因調控功能，以改善未來綠能高佔比台電系統之運轉調度能力。當系統發生線路 N-1 事故時，藉由綠能調控機制之研析解決線路壅塞及電壓異常問題。為驗證綠能調控機制之研析調控功能，選擇台電彰光太陽光電案場作為測試對象，建置綠能調控機制之研析調控示範系統，模擬台電輸電系統發生輸電線路跳脫推導智慧變流器調控決策，並由台中 ADCC 將控制指令傳送至 PV 開道器執行實功與虛功輸出調控功能，有效降低大量綠能調控併網所造成之系統衝擊。

2. 探討透過綠能調控機制之研析分別針對線路跳脫事故下之過載線路與匯流排過電壓問題進行各區 PV 發電量對轄區系統之線路與電壓敏感度分析，計算並調控實功及虛功發電量，因此可有效解決線路壅塞與電壓異常問題。此外，在未來綠能高佔比情境下，由於系統慣量不足，可預先透過 PV 之棄光與風機之棄風降載發電，提供系統備轉容量，達成改善系統暫態穩定度及避免低頻卸載。本論文藉由系統模擬分析與綠能發電系統現場測試，充份驗證綠能調控機制之研析將可大幅提升未來綠能高佔比台電系統之運轉能力。

## 三、超高壓輸電線差流保護跳脫事件分析

(高壓研究室：梁威志、林閔洲、王泓升；供電處：陳廷政)

### (一)研究背景：

本研究計畫針對一起超高壓輸電線差流保護跳脫事件進行分析，依據判讀現場波形示波器和保護電驛紀錄，進行跳脫事件的初步分析，並蒐集現場電力設備參數和系統運轉資料，以即時數位模擬器 (Real Time Digital Simulator, RTDS) 建立電力系統模型進行電磁暫態模擬，以驗證出跳脫原因係比流器 (Current Transformer, CT) 飽和所造成。此項分析對超高壓輸電線差流保護的規劃設計提供重要資訊，對提升輸電系統的保護性能有所貢獻。

超高壓輸電系統中發生一起全線段快速跳脫之差流功能(簡稱 87L)跳脫事件，圖 1 為此次跳脫事

件之系統單線圖，此事件中輸電線 X 和輸電線 Y 之 87L(以下簡稱 87LX 與 87LY)動作，令斷路器 12、13、21、22、23、31、32 跳脫。現場工作人員巡修時，於變電所 II 斷路器 21 旁的隔離開關 (Disconnect Switchgear, DS) 發現閃絡痕跡與鳥類屍體殘骸，故判斷此跳脫事件之主要肇因為鳥類誤觸該 DS 上方均壓環造成 A 相短路接地，致使 87LX 與 87LY 動作並跳脫斷路器。然而，此發生接地短路之位置落在 87LX 的保護區間內、87LY 的保護區間外，應僅有輸電線 X 跳脫。本文所要探討的，即為本事件中 87LY 動作之原因。

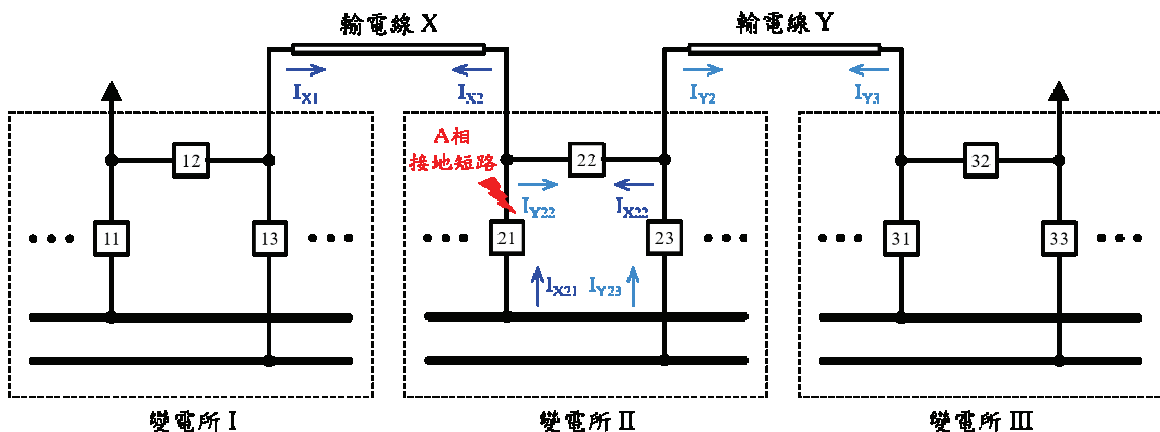


圖 1 事件發生之輸電系統單線圖

### (二)研究方法：

如圖 2 變電所事件紀錄分析，匯流排 A 相電壓  $V_A$  有明顯的壓降，且僅有 A 相電流有明顯增加，故可斷定 A 相發生接地故障。 $I_{X2\_A}$  波形非正弦波、具有明顯畸變現象，推測此示波器所使用的比流器

發生飽和。 $I_{Y2\_A}$  則在短路後期發生畸變現象和明顯的電流突波。

由於比流器為磁性鐵芯材料所製成，具有磁滯之特性，在應用上有著飽和後造成二次側輸出電流失真的情況。而當短路電流發生，並聯的比流器激

磁特性有差異或剩磁狀態不同時，可能會令合成的差流產生突波。

本事件在 RTDS 模型中最重要的參數為比流器的特性資料，其中包含比流器匝比、二次側阻抗、

負載大小、激磁特性、剩磁量大小...等參數如圖 3。依據現場示波器以及電驛波形紀錄，短路接地事件在輸電系統 A 相電壓相角為 135.6° 時開始發生，輸電線 X 和 Y 兩端的斷路器依序跳脫如圖 4。

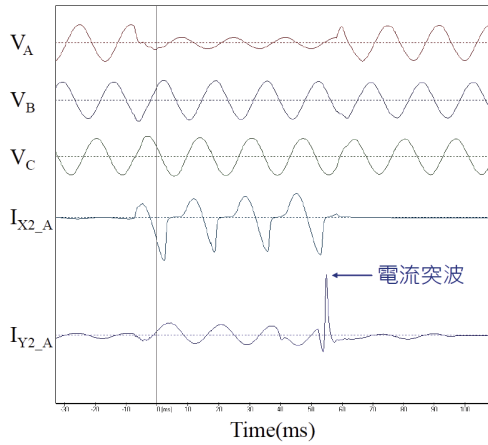


圖 2 變電所 II 示波器波形紀錄

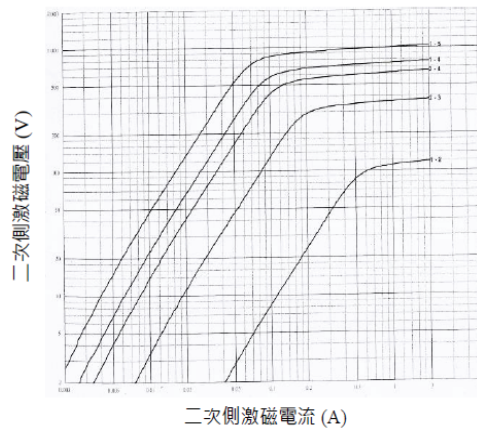


圖 3 比流器激磁曲線

抽頭 匝比	TAP 1-5 4000:5
激磁電壓(V)	激磁電流(I)
98	0
145	0
260	0
400	0
700	0.1
760	0.1
880	0.1
900	0.1
920	0.2
1000	0.8

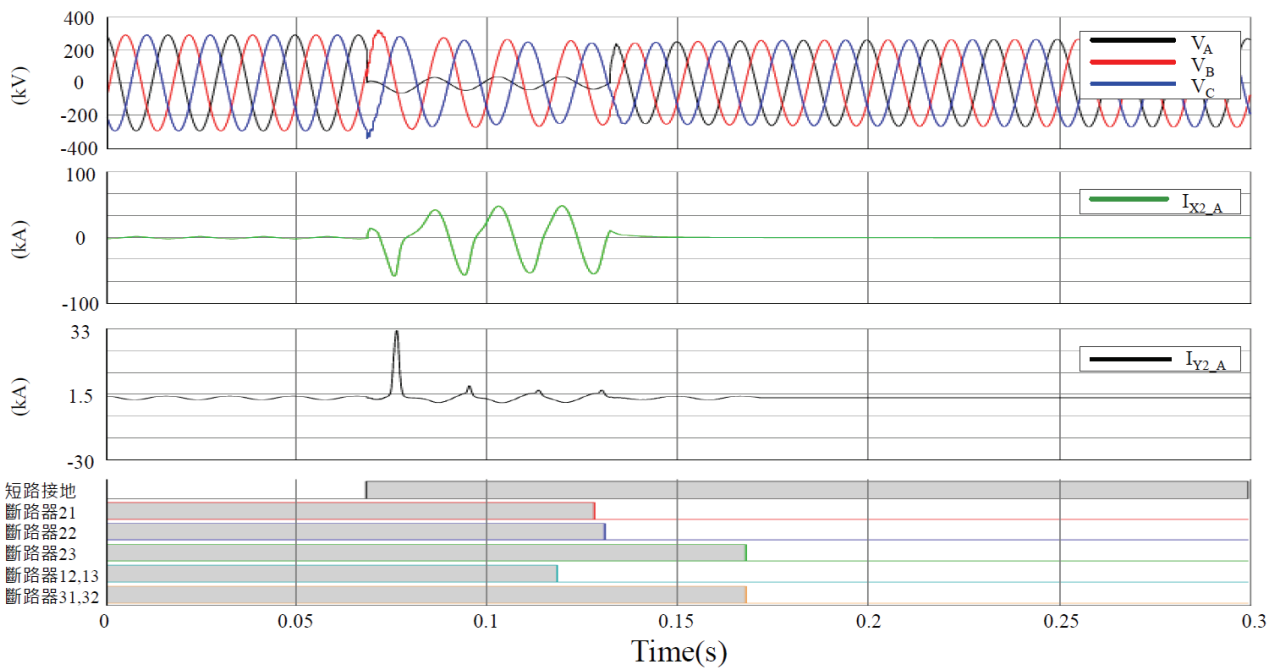


圖 4 變電所 II 模擬結果波形

### (三) 結論：

本文在一起超高壓輸電線差流保護跳脫之事件中，利用現場波形示波器和保護電驛所記錄的波形，分析出跳脫原因為比流器飽和所造成，並以 RTDS 進行電磁暫態模擬，將模擬結果與事件紀錄進

行比對、驗證分析之正確性。此次分析除了對本跳脫事件的肇因提供完整的說明，亦對未來超高壓輸電線差流保護的規劃設計與維護提供重要的參考資訊，對提升輸電系統的保護提出貢獻。

### (一)研究背景、目的、方法：

新版《電業法》已於 106 年 1 月 26 日公布施行，台電公司須於 6 至 9 年間轉型為控股母公司，其下成立發電與輸配售電公司。其中，水火電力電事業部與營建工程系統，如何適切轉型為發電公司，實為達成穩定供電及保障消費者權益之必要條件。本研究旨在研提未來台電發電公司最適組織與經營型態可行方案，包括最適組織、營運模式、實施步驟與期程等相關規劃。

台電發電公司組織轉型規劃，須以遵循法規與保障員工權益為前提，並以改善組織營運效能及培養競爭力為目標進行規劃，除借鏡國際電業組織及營運模式相關案例外，亦須傾聽台電公司員工、主管與外界專家之寶貴意見，以利妥善規劃。本研究為能妥適規劃台電水火電力發電事業部、營建處及核能火力發電工程處之組織及營運模式，已廣泛蒐集相關單位員工、主管與外界專家意見，於 107 年開辦企業併購系列專題演講座談宣導共 5 場次；於 108 及 109 年間透過辦理溝通說明會來蒐集同仁之回饋意見，以作為本研究後續規劃之參考依據。溝通說明會包含北、中、南、東部及離島各單位共計 14 場，辦理溝通說明會時，亦請與會同仁填寫問卷調查表；於 109 年 4 至 7 月期間辦理 5 場主管訪談會議；於 109 年 6 至 7 月期間辦理 4 場企業多角化經營專題演講。期間台電長官及先進們(含工會代表)充份溝通，蒐集多元意見，逐步調整修正本研究組織轉型規劃。

最後，本研究依循 107 年 6 月 12 日「轉型控股公司之架構規劃」會議決議之事業群組織模式，未來發電公司下設有總管理處、水火電力發電事業群、再生能源事業群、修護事業群與工程事業等，並依循前述訪談及諮詢意見之蒐集，經過歸納與方案調整，提出發電公司最適經營型態可行方案，包括最適組織、管控模式、經營策略、實施期程及配套措施等相關規劃。

### (二)成果及其應用：

依據本公司決議，為確保達成穩定供電及集團戰略目標之法定經營基礎下，母公司之定位宜就責任承擔、集團管理、戰略規劃、綜效建設等進行戰略管控，總管理處將重塑為控股母公司。故宜早確認控股母公司之組織功能與範圍，以利後續子公司組織架構之確立。

本公司未來將轉型為控股母公司、發電及輸配售電子公司，而發電公司名稱定為「台電發電(股)公司，Taipower Generation Company」。因發電公司名稱及法人人格改變，故相關證照將進行轉換。相

關證照包括可行性研究作業、環評作業、電業執照、生煤使用許可、操作許可等，須再經中央政府或地方政府主管機關的許可。因此相關契約、訴訟、執照、許可等，得否及時轉換完成將是一個艱鉅的挑戰。

為呼應國際氣候變遷趨勢、國內能源轉型，以及國內外電力市場自由化的競爭，須朝向多角化與國際化發展，以厚植競爭實力，並掌握發展機會，將經營優勢延伸海外市場，為公司注入成長動能。多角化及國際化可先從相關多角化業務開始，然後再投入非相關多角化業務，參考韓電與 JERA 公司投資海外電廠以提升公司之獲利，發電公司之未來應走向多角化及國際化，可配合政府新南向政策，以增加業外收益。

民國 114 年台電推廣再生能源目標占政府推廣再生能源目標為 4.1%(裝置容量)或 5.4%(發電量)，故於再生能源市場台電公司已無法發揮主導之角色，宜適當增加再生能源發電之規模並擬具前瞻性發展對策，可考慮成立再生能源發電子公司，以因應市場之變化與競爭。

在電力修護業務部分，可以世界級電力設備維修事業為追求目標，充分利用現有之資源與技術優勢，積極開發並發展與電力價值鏈、能源價值鏈相關之核心事業，再引進新的技術、開發新的產品與開拓新的市場，擴展事業經營領域。

在工程業務部分，主要業務為水火電力建廠業務，可採發電工程全生命週期之技術服務，即統包負責發電工程整廠規劃、設計、採購、監造、品保查證與試車移交服務等業務，如再與修護業務人力交流，就可以很有彈性運用人力並相互支援，以防止員工人數過度擴張影響公司獲利。

未來公用售電業須負責供電義務，必須對外購電及準備備用供電容量。購電時須審慎評估供電缺口，並規劃如何遵循電力排碳係數，故購電合約預期將面臨更多爭議。再生能源亦有其獨特計價方式，皆將對發電公司的營運績效有重大影響。宜及早籌設發電公司的售電中心，以統籌辦理售電相關業務，至於人員調配，可研究業務處同仁轉調至發電公司之可行性，以利經驗交流。

目前我國排碳係數政策仍在研議中，因而碳權需求仍無法確實估計，環保署對抵換專案之政策恐造成未來國內碳權供應供不應求，以致碳價飆漲。為減緩對發電公司營運之衝擊，宜採取國際自願減量制度以累積碳資產；另宜將碳權經營之專責人力列入現行培訓計畫；未來政府建立碳市場後，也須及早採購成本較低之碳權，以因應未來之排放缺口。

按一般公司組織體的演進過程中，許多大型公司在形成事業部後，審時度勢，可能先以核心事業部提升為分公司即分支機構型態運作，之後再將分公司獨立成子公司。發電公司組織架構宜具彈性，未來集團運作除事業部、子公司之經營模式外，亦可納入分公司組織體之營運模式，俾能因應時勢，

增進經營效率。

最後，於事業群組織部分，應以扁平化設計為原則，可考慮將事業群與主管處合併，以減少管理層級並提升執行績效。發電公司從業人數可參考東京電力及韓電公司，以精簡為原則不宜過度擴大組織結構，才能面對未來之挑戰與衝擊。

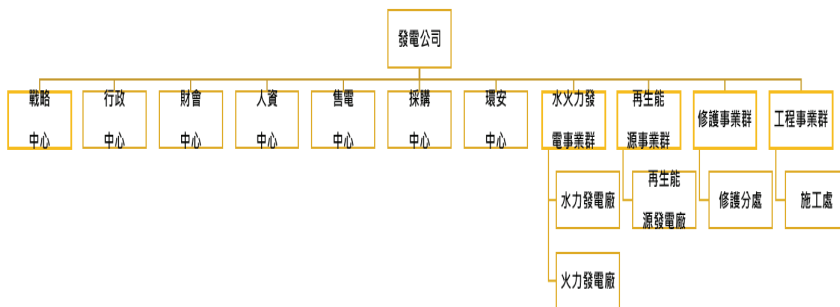


圖 1 台電發電公司組織轉型可能方案一

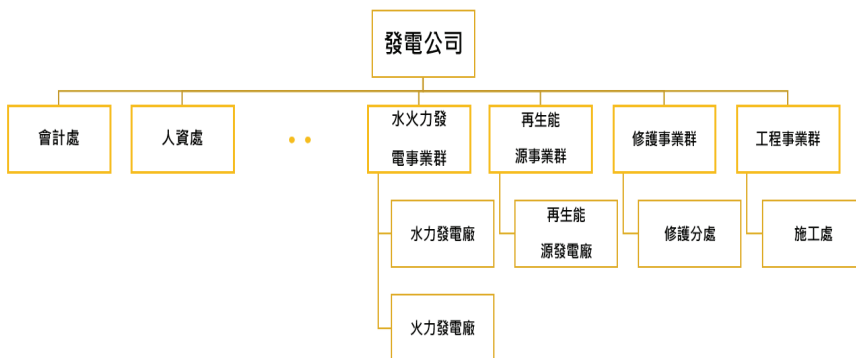


圖 2 台電發電公司組織轉型可能方案二

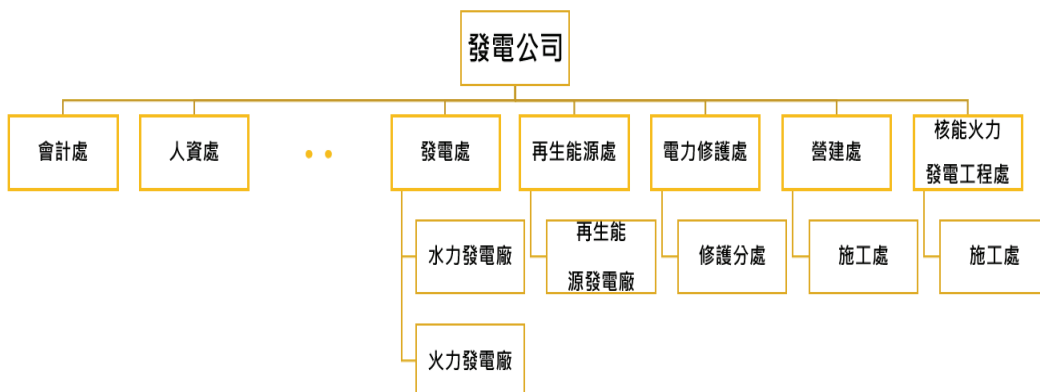


圖 3 台電發電公司組織轉型可能方案三