

前瞻基礎建設計畫
112 年度執行進度及績效報告
綠能發配電智慧管理與效能提升技
術發展

國家原子能科技研究院

113 年 1 月

目次

壹、特別預算及進度執行情形	1
一、計畫期程：.....	1
二、特別預算執行情形.....	1
三、進度執行情形.....	1
貳、重要執行成果及里程碑達成情形	2
參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形	22
一、工作指標.....	22
二、效益指標.....	24
肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策	25
伍、經濟效益	26
一、可量化之經濟效益.....	26
二、不可量化之經濟效益.....	26
陸、檢討與建議	27

壹、特別預算及進度執行情形

一、計畫期程：110/01/01~112/12/31

二、特別預算執行情形（截至 112 年 12 月底）

經費單位：千元

期別	年度	法定特別預算 (A)	分配數 (B)	實現數 (C)	支用比 (%) (C/B)	已執行應 付未付數 (D)	節餘數 (E)	預付數 (F)	執行數 (G)=(C+ D+E+F)	執行率 (%) (G/B)	達成率 (%) (G/A)	是否尚有 保留款待 執行
1	106		同(A)								同執行率	是/否
	107		同(A)								同執行率	
	總計		同(A)								同執行率	
2	108		同(A)								同執行率	是/否
	109		同(A)								同執行率	
	總計		同(A)								同執行率	
3	110	210,000	同(A)	209,99 8,421	100	0	1.579	0	210,000	100	同執行率	是/否
	111	210,000	同(A)	191,83 46.65	91.35	0	0.35	0	191,835	91.35	同執行率	
	總計	420,000	同(A)	401,83 3,071	95.67	0	1.929	0	401,835	95.68	同執行率	
4	112	114,420	同(A)	79,728. 314	69.68	0	0	0	79,728.3 14	69.68	同執行率	是/否
	113											
	總計	114,420	同(A)	79,728. 314	69.68	0	0	0	79,728.3 14	69.68	同執行率	

三、進度執行情形（截至 112 年 12 月底）

單位：%

	預定進度 (A)	實際進度 (B)	進度比較 (B)-(A)
年累計（112年）	100.00	99.00	-1.00
總累計（計畫首年至112年）	70.00	69.55	-0.45

註：總累計計畫期程為 110 年 1 月至 114 年 08 月止

年累計計畫期程為 112 年 1 月至 112 年 12 月止

貳、重要執行成果及里程碑達成情形

一、重要執行成果

本計畫分三個子項計畫(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用(二)微電網與配電網共模調控技術開發(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術」，相關計畫執行成果，將分別依計畫 OKR 目標(如表 1)描述：

表 1 計畫 OKR 目標

計畫目標	預期關鍵成果
O1 開發饋線變壓器換相決策與異常示警功能，並將具故障電流計算與狀態估測之動態地理圖資系統，及設計 700 具以上饋線末端單元之三相功率分析平台，推廣至區處使用 2 件。	O1KR1 開發含再生能源配電之多目標最佳化變壓器換相決策程式，並設計 700 具以上饋線末端單元之三相功率等時性分析平台，應用至區處 1 件，供區處分析各相運轉資料。 O1KR2 研提饋線保護協調策略，並整合計算 3 種類型之故障電流功能於具狀態估測之地理圖資系統中，將其推廣至區處使用 1 件。 O1KR3 整合 1 個台電配電區處運轉資訊，建立以訊息為基礎之動態地理圖資，運用故障指示器及變壓器訊息模型，開發饋線變壓器異常示警機制，提出變壓器毀損或過載預警。
O2 進行微電網設備之通訊與硬體迴圈調控測試；建立 MW 級微電網補充備轉輔助服務系統，完成微電網輸出功率誤差低於 5% 控制、及功率調節系統控制模式切換技術。	O2KR1 開發 1 種調頻即時模擬策略，並完成硬體迴圈雙向通訊測試。 O2KR2 建立 MW 級微電網補充備轉輔助服務系統，完成微電網輸出功率誤差控制低於 5%。 O2KR3 開發三相功率調節系統模式切換及多電源(包含功率調節系統、柴油機、太陽能等 3 種電源)之併聯策略，當電源併聯後，維持饋線電壓變動率在 5% 以內。
O3 完開發變電所設備損傷診斷系統，降低設備失效率 10%，實際至少於 1 處台電變電所試行；規劃資產管理策略與可靠度評估準則。	O3KR1 開發變電所設備損傷診斷評估系統，進行運轉效能劣化趨勢分析及故障損傷程度診斷，降低設備失效率 10%，實際至少於 1 處台電變電所試行。 O3KR2 根據國際資產管理標準，完成變壓器、斷路器及電力傳輸等三類關鍵設備之關聯性分析與可靠度評估，以研製變電所設備資產管理策略。

(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

O1KR1：開發含再生能源配電之多目標最佳化變壓器換相決策程式，並設計 700 具以上饋線末端單元之三相功率等時性分析平台，應用至區處 1 件，供區處分析各相運轉資料。

提出饋線變壓器換相策略流程如圖 1，先建立含再生能源併接變壓器之饋線及負載模型，並依照饋線變壓器之供電及接線方式進行最佳化演算，以提出變壓器換相建議。研析配電圖資資料庫之饋線變壓器設備屬性資訊，包含：變壓器圖號座標、併接之鄰近開關位置、饋線變壓器相別及各相額定容量、及供電方式等資訊如圖 2；彙整台電配電圖資資料庫之再生能源裝置容量及併接位置等相關資料，經以資料庫之設備上下游連結關聯性分析，得到再生能源併接之上游變壓器相別資訊，以分配各相之再生能源裝置容量。探討再生能源逆送情形，以程式解析饋線運轉歷史資料庫，並以三相電流權重法計算出各相實/虛功率值，建立配電饋線及負載分配等效模型，以符合配電饋線實際運轉情形。完成含再生能源配電之多目標最佳化變壓器換相決策程式開發，以一饋線為例，經最佳化變壓器換相決策調整後，可降低三相電流不平衡率及線路損失如圖 3。完成 905 具饋線末端單元之三相功率等時性分析平台開發如圖 4，該平台可於同一時間片段分析饋線各區段與饋線端末單元(Feeder Terminal Unit, FTU)之三相負載資料，並計算電流不平衡率，該平台已於台電雲林區處調度中心試運行如圖 5，提供區處人員進行各饋線三相不平衡分析。

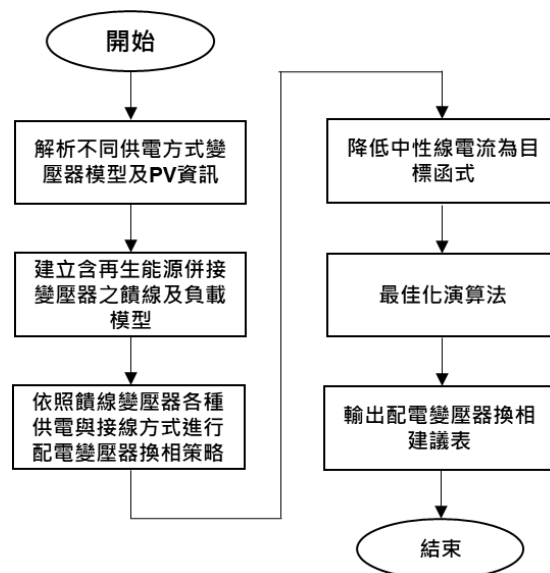


圖 1 饋線變壓器換相策略流程

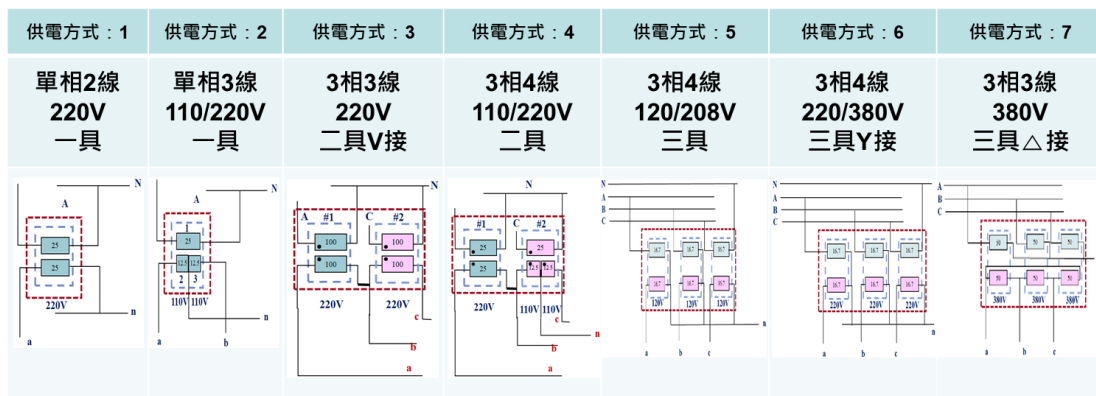


圖 2 配電饋線變壓器模型

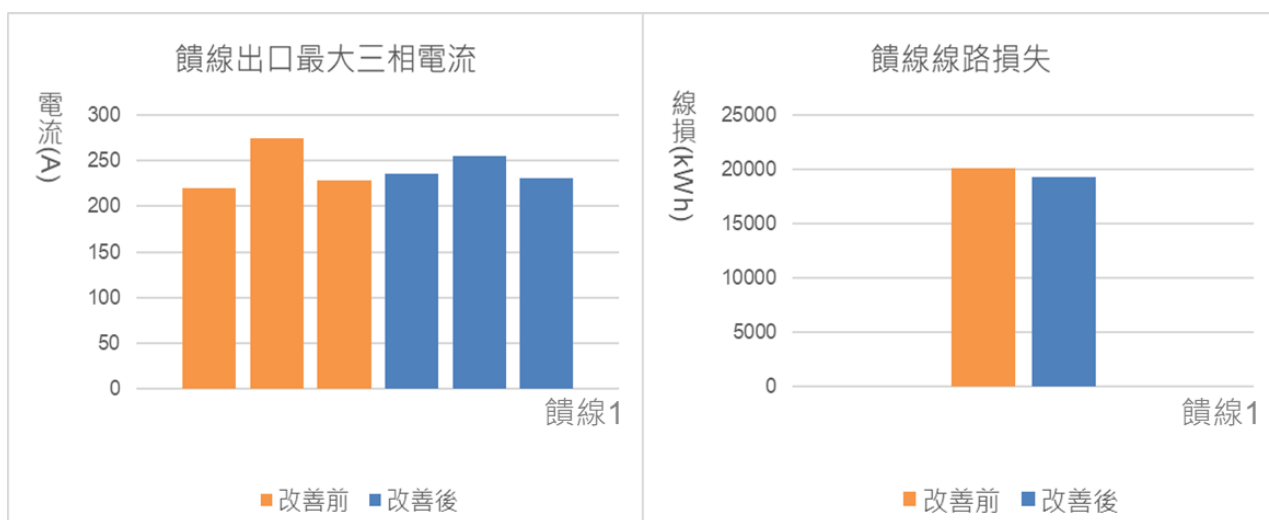


圖 3 經最佳化變壓器換相決策調整結果

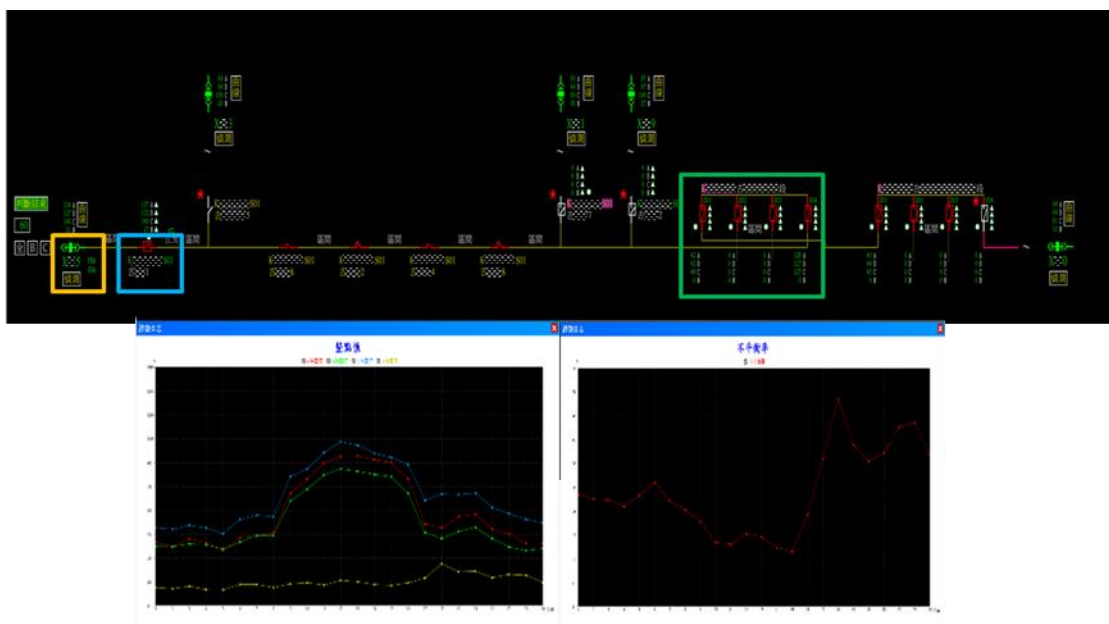


圖 4 三相功率等時性分析平台

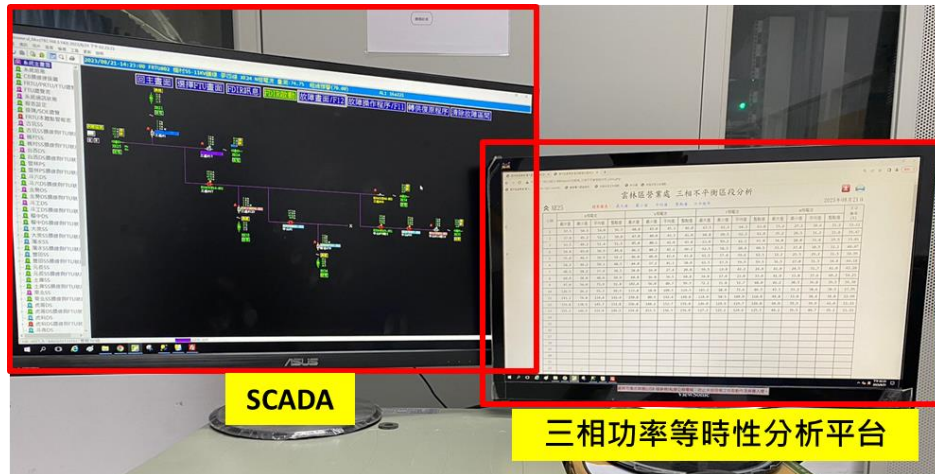


圖 5 三相功率等時性分析平台應用於台電雲林區處

O1KR2：研提饋線保護協調策略，並整合計算 3 種類型之故障電流功能於具狀態估測之地理圖資系統中，將其推廣至區處使用 1 件。

蒐集與彙整配電饋線斷路器(Feeder Circuit Breaker, FCB)與饋線末端單元(FTU)等饋線保護設備相關資料，並研擬適應性饋線架構之保護協調策略，包含解析故障電流大小、查詢對應之 FCB 與 FTU 之設定值、繪製時間-電流跳脫曲線、解析保護協調性、提出調整設定建議值等步驟，並開發其程式、及使用平台。以饋線 XD27 為例如圖 6，若於閃電處發生故障、啟動故障偵測、隔離及復電(Fault Detection, Isolation, and Recovery, FDIR)並將故障隔離後，將饋線 XD27 故障下游負載轉供至饋線 XO32，利用本計畫開發之程式，分析饋線 XO32 之保護協調性如圖 7，饋線 XD27 下游健全區負載藉投入聯絡開關 XXFC55 轉由饋線 XO32 供電，XXFC55 之 FTU 曲線與饋線 XO32 之 FCB 電驛曲線間之最短時距為 15.554%。透過所開發之程式計算並提出聯絡開關 XXFC55 的 FTU 改善建議值後，增強該聯絡開關與饋線 XO32 保護協調性(跳脫曲線間隔皆超過 20%)，驗證此保護協調策略之可行性。開發含再生能源與儲能系統的饋線單相短路、雙相短路、三相短路等 3 種故障電流計算程式，並將其整合於具狀態估測之地理圖資系統如圖 8、推廣至台電配電區處使用，協助台電模擬與評估各種故障電流之情形。

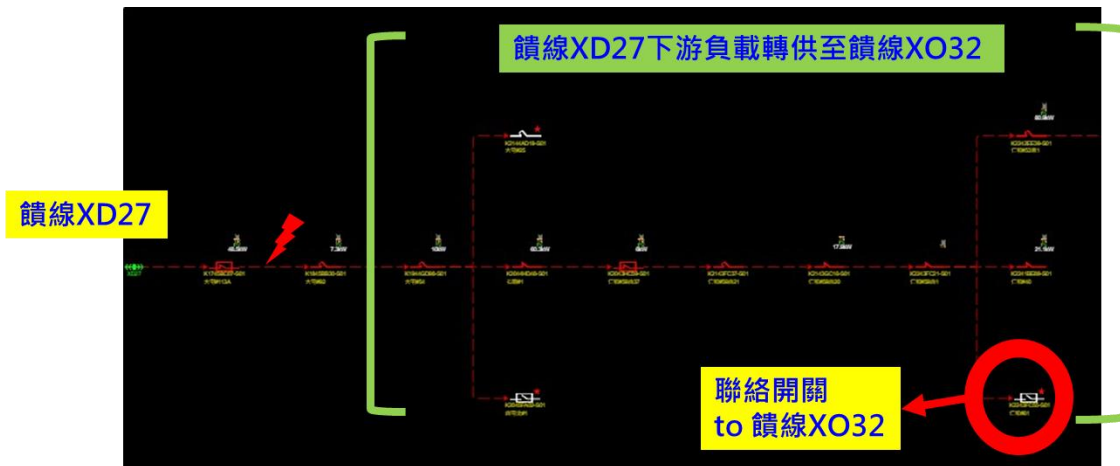


圖 6 饋線 XD27 單線圖

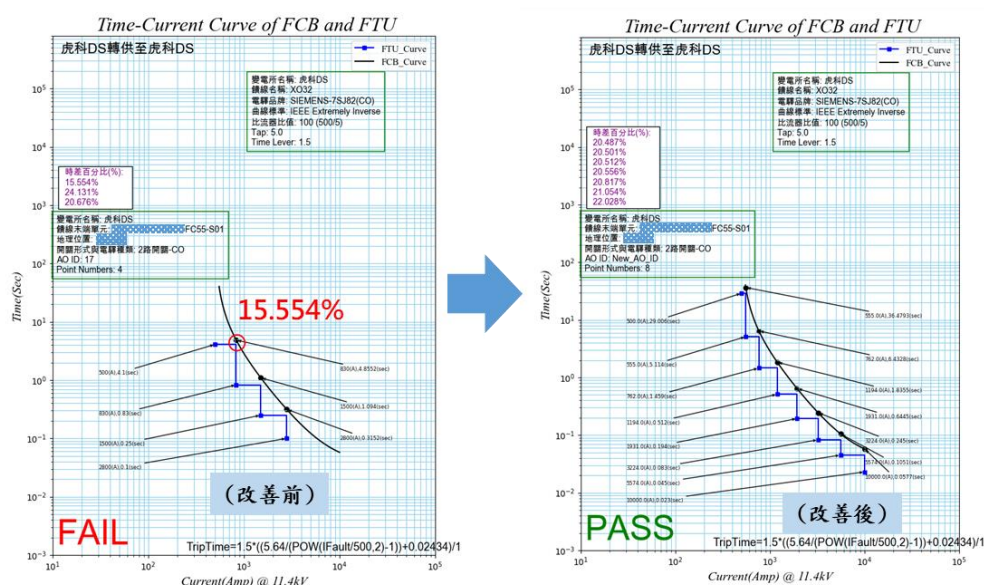


圖 7 保護協調曲線圖_聯絡開關 XXFC55 vs. 饋線 XO32 之 FCB(改善前後)



圖 8 整合故障電流計算功能於具狀態估測之地理圖資系統

O1KR3：整合 1 個台電配電區處運轉資訊，建立以訊息為基礎之動態地理圖資，運用故障指示器及變壓器訊息模型，開發饋線變壓器異常示警機制，提出變壓器毀損或過載預警。

完成再生能源即時發電量估算模組，及變壓器負載估算之軟體框架，透過平行全載運算效能調控機制，進行多工平行處理及調控處理器運算核心之效能至全載。建立線路架構資訊轉換功能，取得太陽光電(Photovoltaics, PV)設備資訊，完成 PV 發電量估算及建立含變壓器資訊之全真饋線拓撲，安置電力計算程序於平行處理運算軟體框架，派送處理器執行多工及多執行緒工作，結合 PV 發電量估算資訊，綜整饋線線路參數資料，及運用電力運轉資訊匯流排接取監控系統數據，經由電力計算程序估算得出節點電壓、電流及配電饋線變壓器所承負載量，將估算結果資訊寫入資料庫，並進行座標資訊查詢，建立電力運轉資訊匯流排與動態地理空間資訊整合平台如圖 9 所示，可進行配電饋線變壓器負載估算及其異常示警機制，並以顏色及文字標示變壓器過載預警之服務建議信息。

分析 1 個台電配電區處之饋線開關、故障指示器及變壓器運轉資訊特性，將電力運轉資訊轉換為訊息形式，透過 Artemis 軟體使用 AMQP1.0 協定，分別以單一饋線及全區處為單位，採共通資訊模型進行電力設備資訊編譯，以文字檔型式資料傳輸至電力運轉資訊匯流排進行測試，並分析快速復電功能之電力運轉資訊，開發電力運轉資訊匯流排之資訊路由，可觀察其時間動態，建立傳輸資料流並運用地理圖資整合介面，及配電管理系統快速復電功能，呈現配電系統動態變化，且其架構與國內外先進配電管理系統(Advanced Distribution Management System, ADMS)傳輸介面具相容性如圖 10。



圖 9 變壓器狀態標示於動態地理空間資訊整合平台

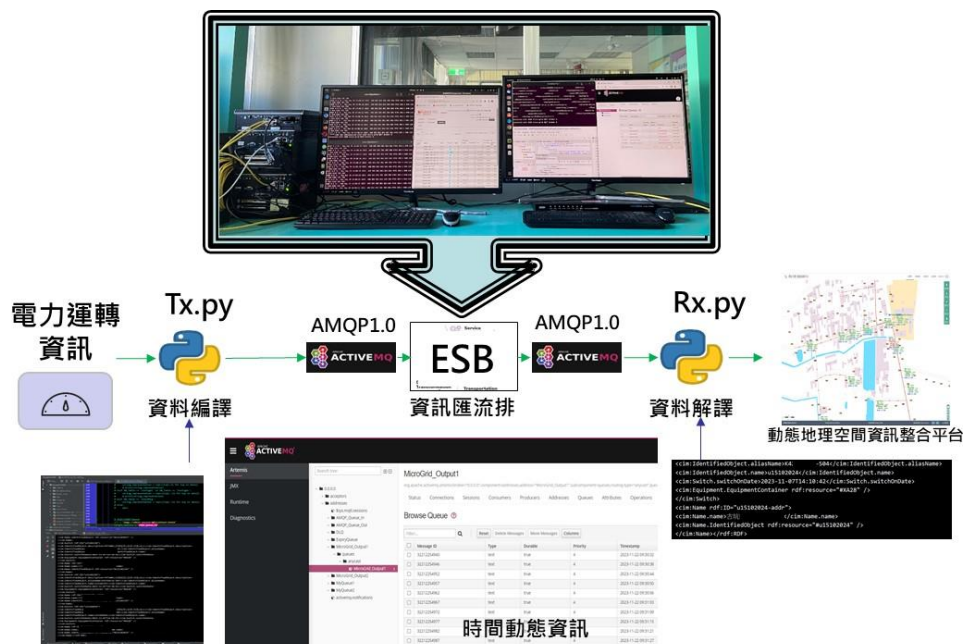


圖 10 電力運轉資訊匯流排

(二)微電網與配電網共模調控技術開發

O2KR1：開發 1 種調頻即時模擬策略，並完成硬體迴圈雙向通訊測試。

完成區域電網輔助調頻策略程式撰寫，與硬體迴圈建立及其雙向通訊測試，共同模擬再生能源發電擾動與低頻卸載對區域電網頻率變動率之影響，協助系統穩定供電，包含完成台電雲林 XG25 饋線區域電網架構模型建立，如鋰電池儲能系統、太陽光電、柴油發電機、饋線及負載等模型如圖 11；以變電所區域電網在孤島運轉下，並考量太陽光電發電擾動與儲能電池電量(SoC)變化下，完成輔助調頻策略流程研擬如圖 12；依據所建立的硬體迴圈架構，完成區域電網儲能 SoC 過低，且再生能源發電擾動造成區域電網頻率變動過大時，輔助調頻策略判斷需卸除部分負載之訊號雙向通訊測試如圖 13，透過即時模擬器發送數位輸出(DO)訊號給智慧電子設備，且智慧電子設備在接收指令並執行卸載後回傳數位輸入(DI)訊號給即時模擬器，並完成變電所區域電網藉由適當卸除部分負載之輔助調頻策略即時模擬，達成降低頻率變動速率，有助於維持頻率穩定如圖 14。

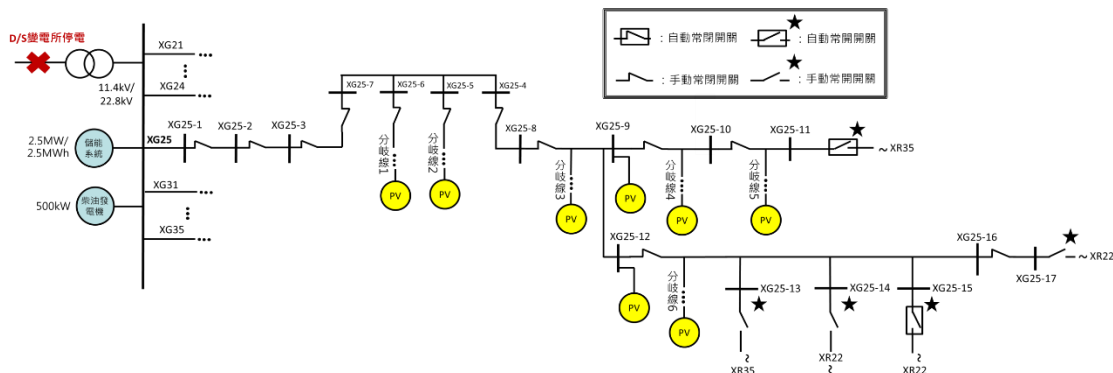


圖 11 台電雲林 XG25 饋線架構

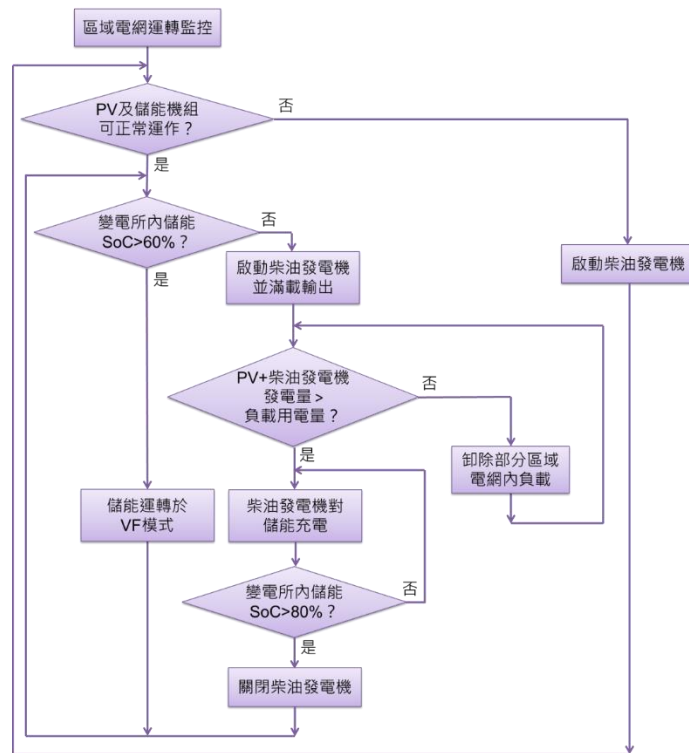


圖 12 區域電網輔助調頻策略流程

即時模擬器(區域電網能源管理系統)



區域電網架構(台電雲林XG25饋線)

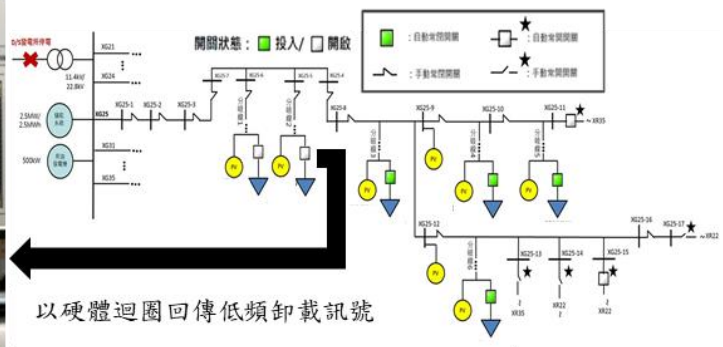


圖 13 硬體迴圈架構

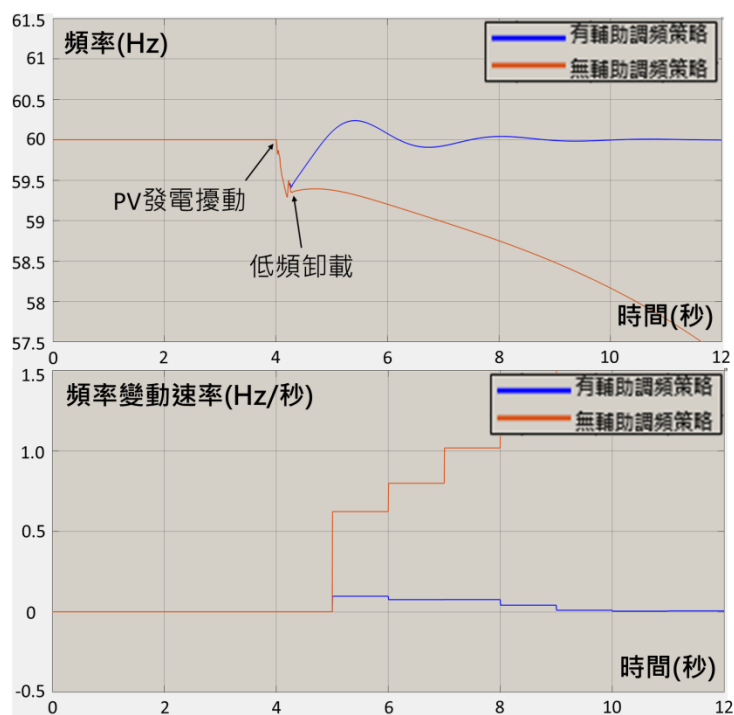


圖 14 即時模擬結果

O2KR2：建立 MW 級微電網補充備轉輔助服務系統，完成微電網輸出功率誤差控制低於 5%。

完成 MW 微電網模型與動態功率調控策略建立，並模擬於接收到調度指令後，能源管理系統整合各分散式電源輸出功率，降低本院高壓用電量達 1MW 且持續 1 小時以上如圖 15；完成補充備轉輔助服務平台建置，可調整分散式能源之發電功率、輔助服務持續時間、及高壓 69kV 端負載抑低量等功能如圖 16，並於 112 年 8 月 7 日通過本院與台電電力交易平台之通訊測試；完成微電網持續輸出 1MW 達 2 小時 30 分之補充備轉執行測試如圖 17，其中 1 號柴發電 650kW、分散式能源發電 200kW(包含 2 號柴油機發電 150kW、混合式功率調節系統發電 30kW、微渦輪機發電 20kW)、儲能系統發電 150kW，且執行期間各發電機組之輸出與控制命令誤差皆小於 5%如圖 18；依據本院負載動態變化，以每分鐘調控 MW 級微電網輸出功率，並配合台電夜尖峰時段，於 10 月 26 日 17:19~19:19 成功執行台電補充備轉輔助服務 1 次如圖 19。

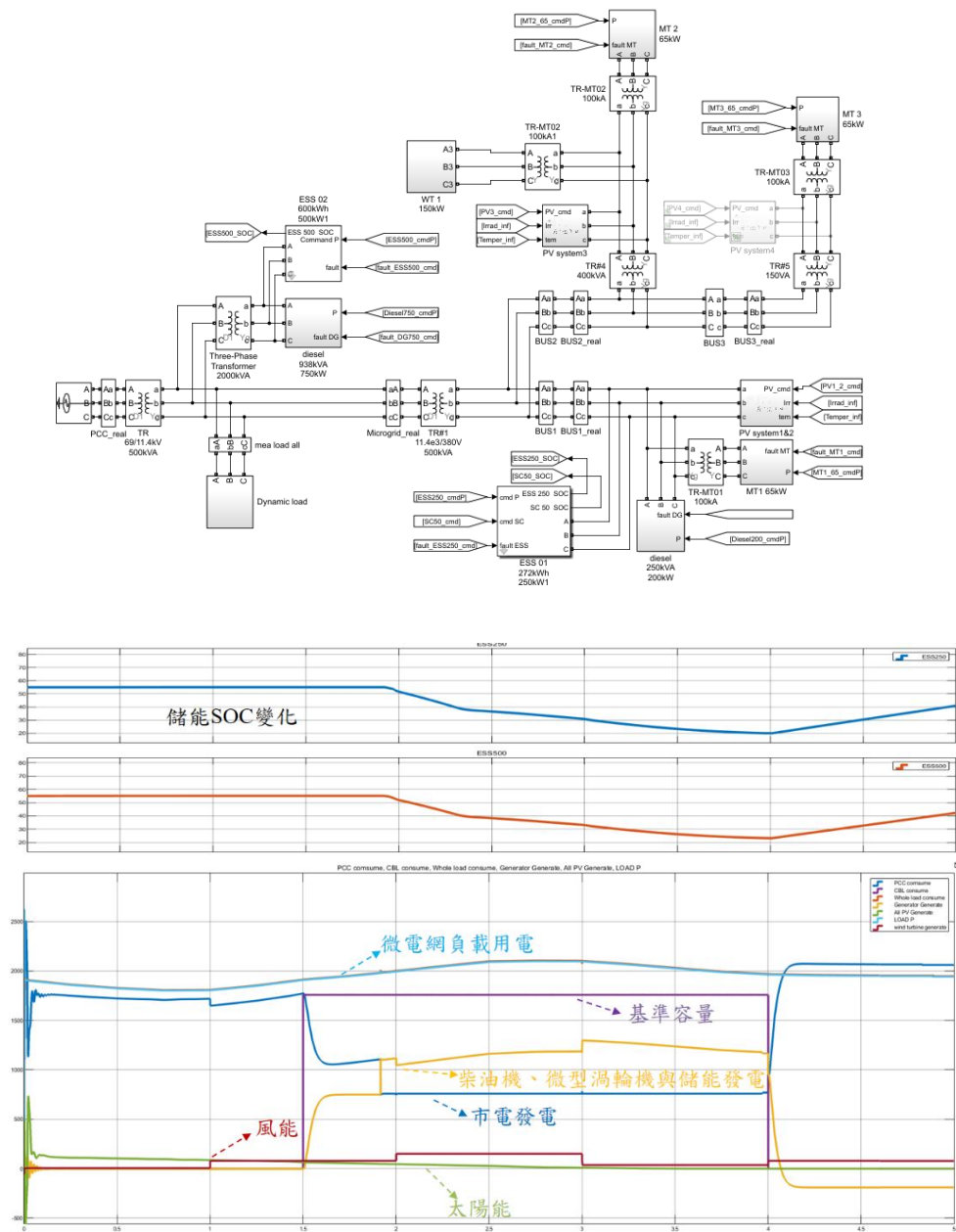


圖 15 MW 模擬微電網輸出補充備轉輔助服務

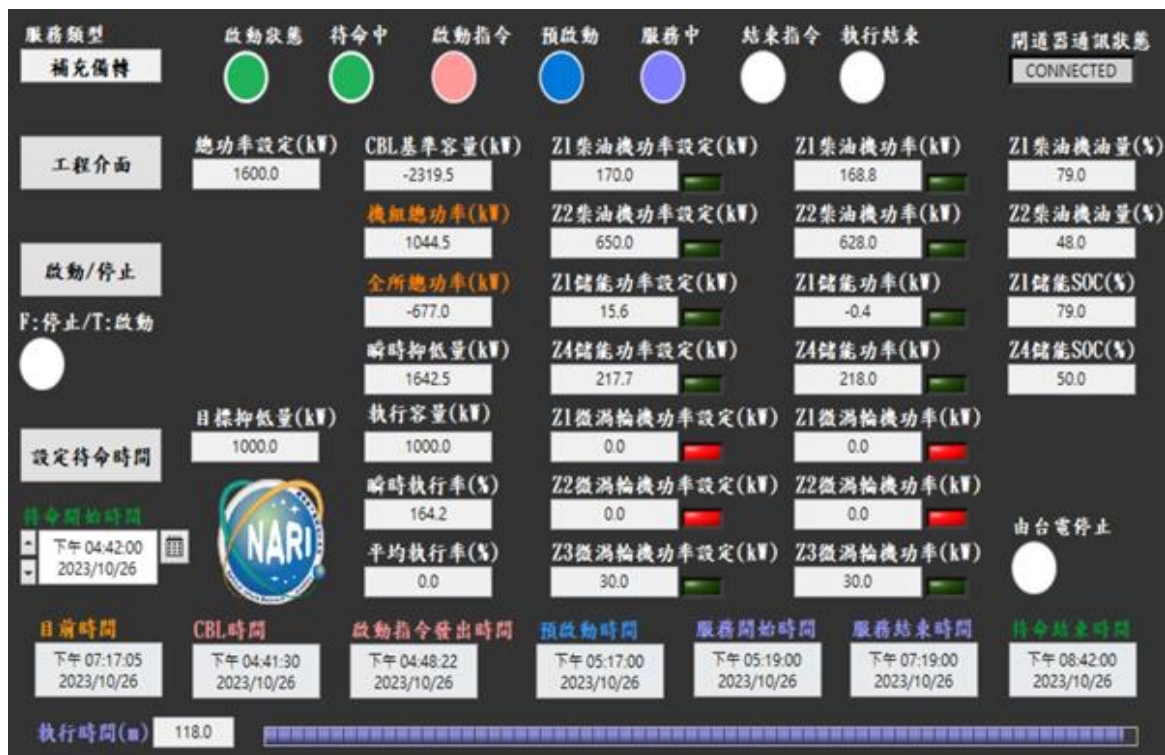


圖 16 補充備轉發電機組控制策略平台建置

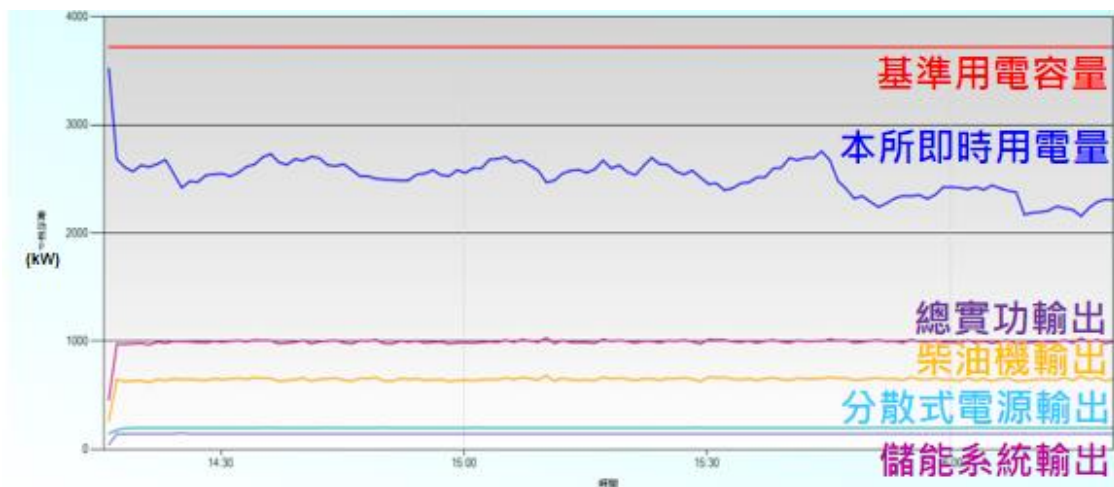


圖 17 微電網輸出 1MW 達 2 小時 30 分鐘

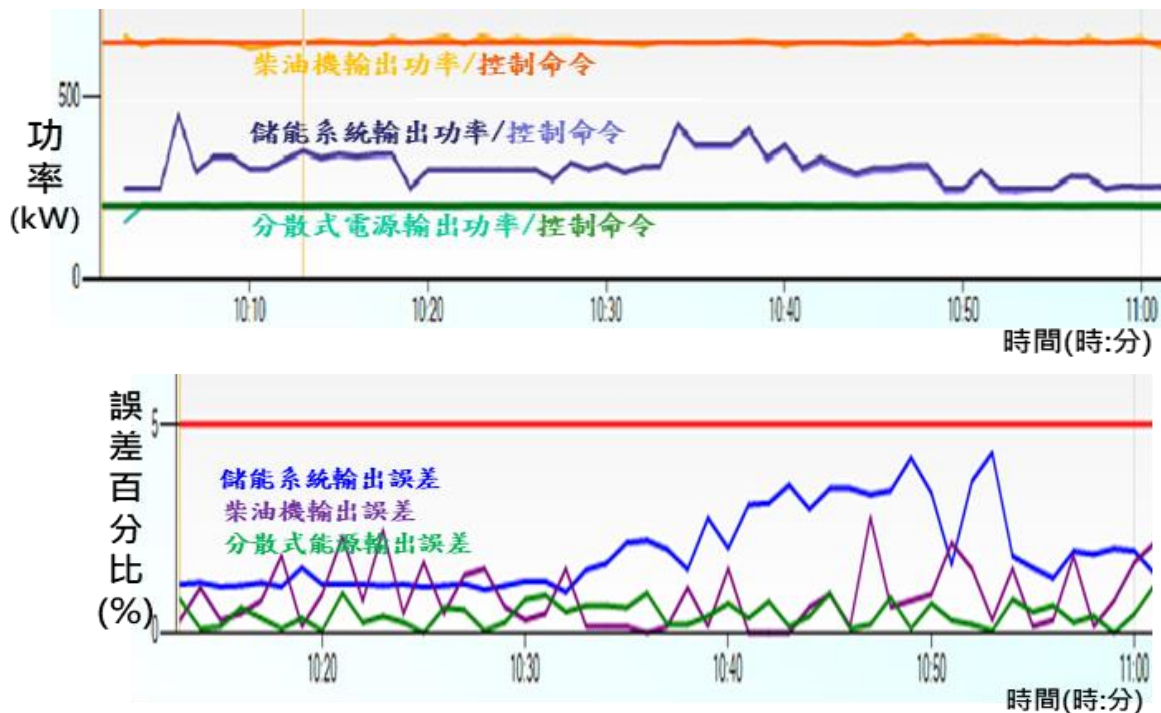


圖 18 發電機組實際輸出與控制命令之誤差小於 5%

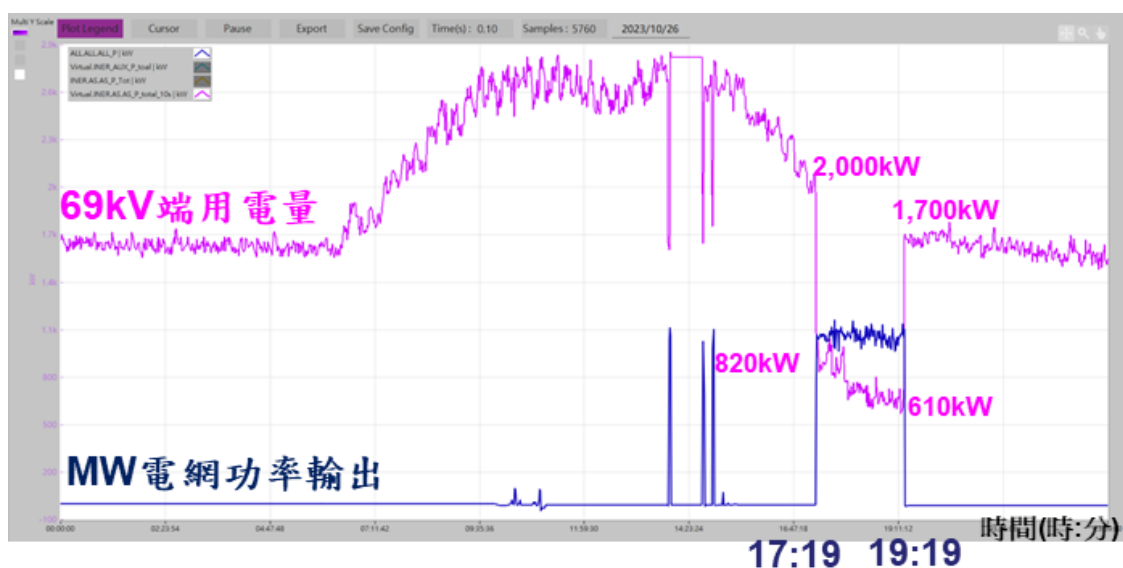
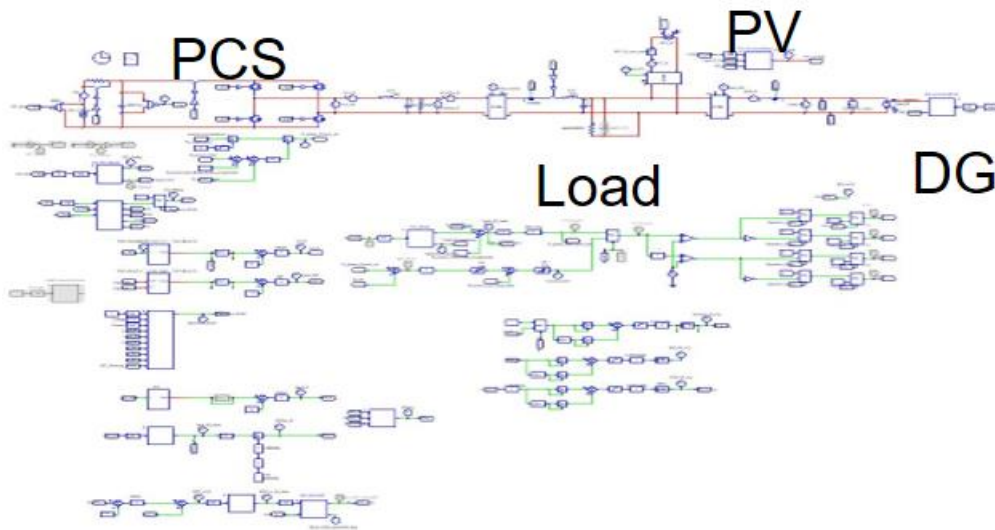
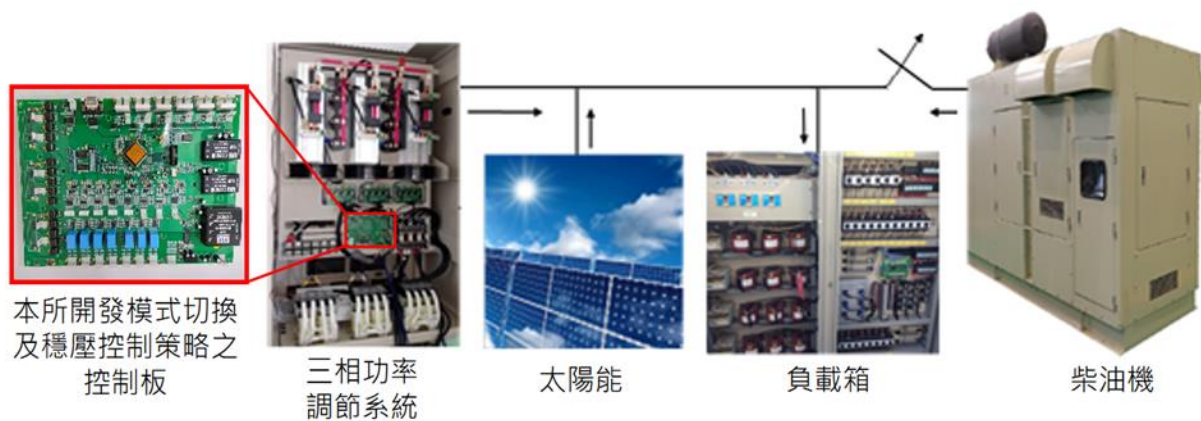


圖 19 成功執行台電補充備轉輔助服務

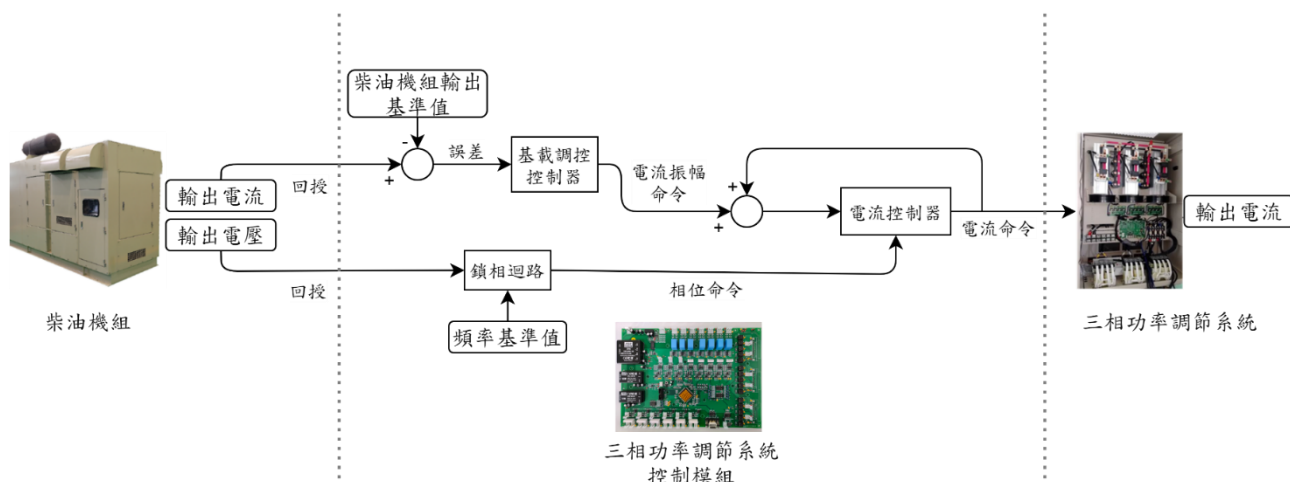
O2KR3：開發三相功率調節系統模式切換及多電源(包含功率調節系統、柴油機、太陽能等 3 種電源)之併聯策略，當電源併聯後，維持饋線電壓變動率在 5% 以內。

開發三相功率調節系統與柴油機、及太陽能系統併聯控制策略，當太陽能發電變動情況下，三相功率調節系統提供補償功率，可使柴油機三相輸出維持於基載輸出，將可進一步關閉柴油發電機邁向能源轉型，首先完成包含柴油發電機、太陽能、三相功率調節系統等設備之電力級與控制架構模型建立，並搭配所開發之併聯控制策略，進行多電源併聯協調輸出模擬與實測，其結果顯示三相功率調節系統可分擔負載用電，並維持柴油發

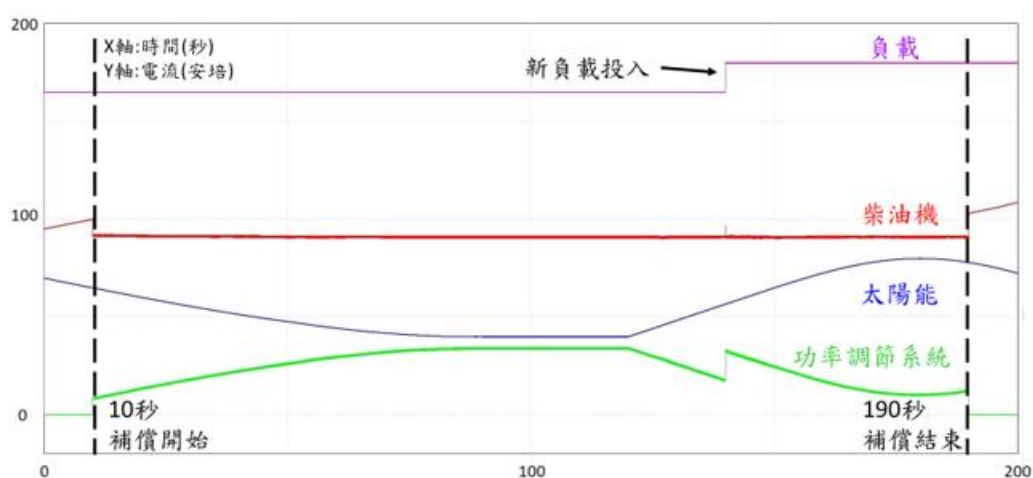
電機基載輸出如圖 20。完成三相功率調節系統模式切換及穩壓策略功能開發，以孤島偵測模組判斷市電電壓與頻率進行模式切換，並藉由雙迴圈控制進行功率調節系統電壓輸出與穩壓控制，經模擬結果顯示柴油機關閉後，併接點電壓降至 0.35pu 且頻率降為 58Hz 時，功率調節系統可於 0.016 秒內偵測後迅速完成模式切換，並使太陽能持續併網運轉如圖 21，另於本院微電網場域完成三相功率調節系統模式切換及穩壓控制策略實測，其結果顯示於多電源併聯運轉下，當關閉柴油機使功率調節系統由電流控制切換至電壓控制，其結果顯示太陽能與負載端之電壓變動率為 1.15%如圖 22，太陽能與負載皆能持續運轉。



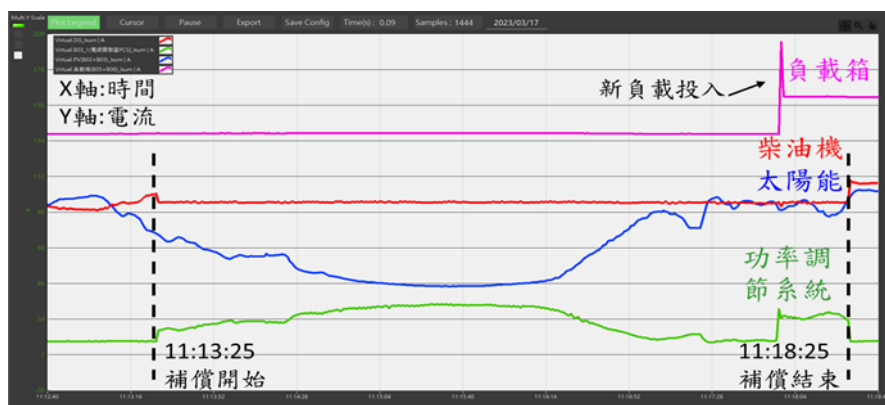
(a) 多電源併聯模型建立



(b) 多電源併聯控制策略



(c) 多電源併聯下，功率調節系統功率補償與使柴油機維持基載之模擬



(d) 多電源併聯下，功率調節系統功率補償與使柴油機維持基載之實測

圖 20 三相功率調節系統與太陽能及柴油發電機併聯模擬與實測

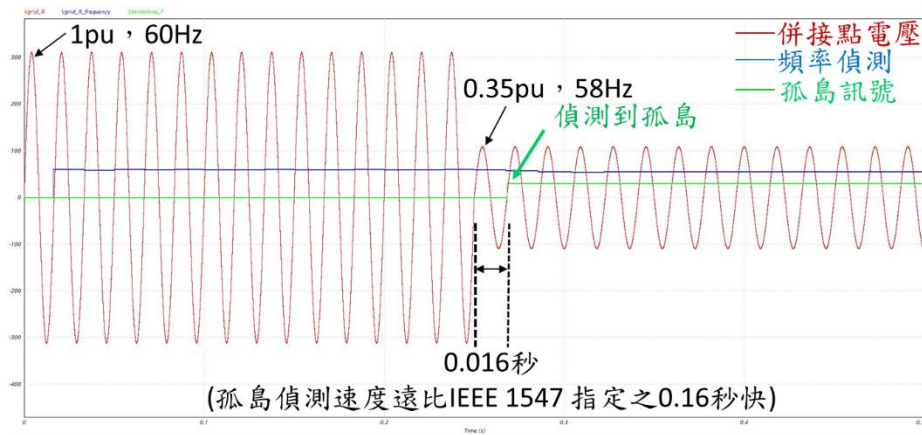


圖 21 快速孤島偵測功能模擬



圖 22 關閉柴油機後，功率調節系統切換至電壓控制之實測

(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

O3KR1：開發變電所設備損傷診斷評估系統，進行運轉效能劣化趨勢分析及故障損傷程度診斷，降低設備失效率 10%，實際至少於 1 處台電變電所試行。

開發變壓器熱點溫度、油中氣體、及局部放電等 3 項損傷程度診斷模組，並實際於台電 1 處變電所試行。

- 熱點溫度：以 AI 近鄰演算法(k Nearest Neighbors, k-NN)，進行供電變壓器繞組線溫診斷。並依據 IEC 60076-7 規範之老化率公式，開發供電變壓器熱點溫度之壽命損失診斷模組如圖 23，提供即時異常警報及壽命損失資訊，可作為運維決策之依據。
- 油中氣體：參考國外文獻以油中溶解氣體之碳氧化合物比例變化，開發供電變壓器繞組側之碳化損傷程度診斷模組，該指標數值越大表示損傷程度越嚴重，用以輔助傳統油中溶解氣體分析方法。並應用於某電力變壓器之繞組損傷程度評估，該變壓器雖曾發生氣體超過警戒值情況如圖 24(a)，但根據本研究指標判斷為非繞組之碳化故障或無碳化故障如圖 24(b)。

24(b)，經開蓋卸油內檢也確實未發現異常，目前穩定運轉並持續監測中。

c. 局部放電：開發供電變壓器局部放電損傷程度診斷模組，並實際應用於本院館舍之變壓器導線接頭檢測如圖 25(a)，經驗證可有效檢測接頭劣化趨勢，當局部放電幅值如圖 25(b)縱軸越大且次數越多(顏色越亮)表示損傷越嚴重。目前，該模組已架設於某電力變壓器進行長期監測，依 IEEE C57.140 故障樹分析及 IEEE C57.143 之評估方法論進行失效率評估，導線故障的失效率為 0.0625，占整體的失效率 0.4143 的 15%，故可有效降低失效率 15% 如圖 26。

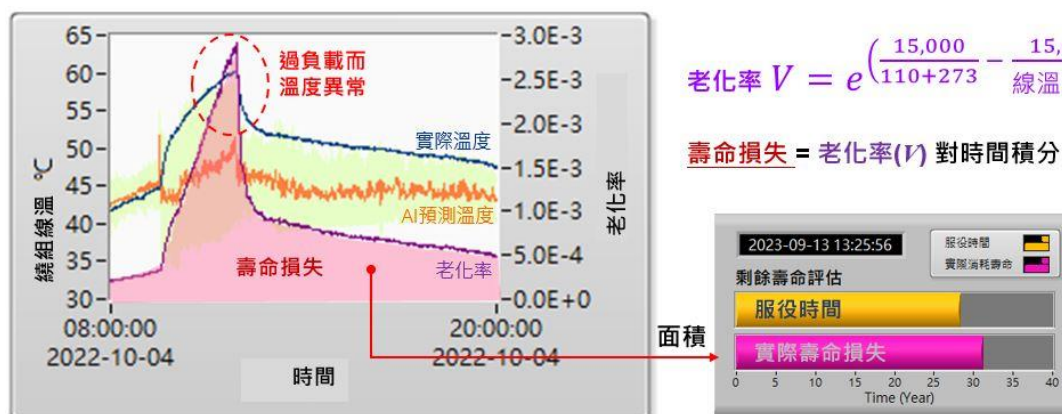


圖 23 供電變壓器熱點溫度之壽命損失診斷

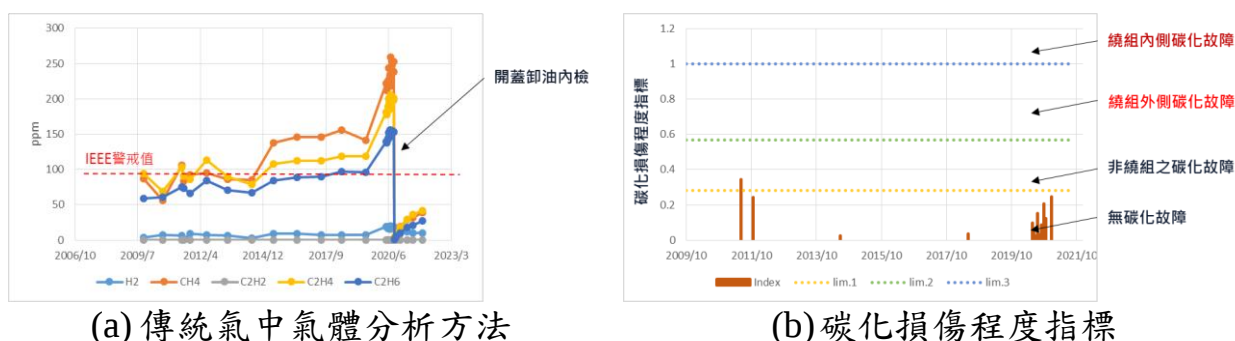
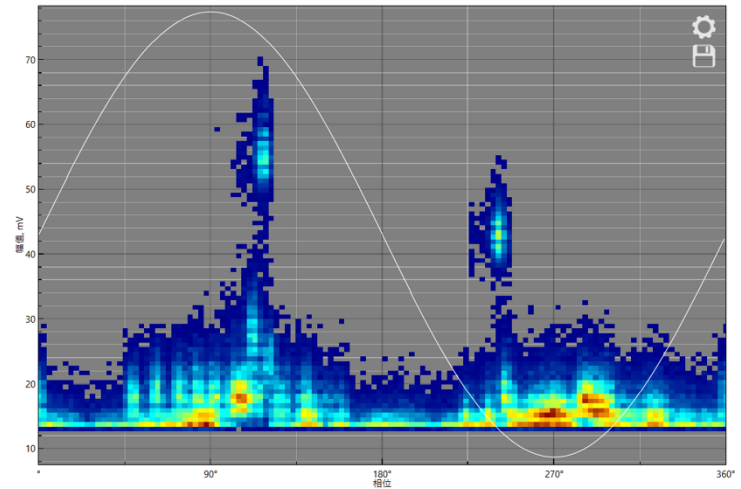


圖 24 供電變壓器繞組側之碳化損傷程度指標



(a) 本院館舍之變壓器



(b) 相位解析局部放電圖

圖 25 供電變壓器局部放電損傷程度診斷

變壓器各種元件失效率統計結果

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125202044>

Fault location	Event symbol	Basic event	Probability of fire
Winding	V1	Weak insulation	0.05167
	V2	Atmospheric over-voltage	0.0372
	V3	Operating over-voltage	0.0248
	V4	Poor maintenance process	0.01653
Iron core	V5	Poor production process	0.02479
	V6	Multi-point grounding of iron core	0.03573
	V7	Reduced resistance to ground	0.00715
	V8	Local overheating	0.01072
Bushing	V9	Poor sealing	0.01679
	V10	mechanical injury	0.01509
	V11	Casing overheated	0.01844
Tap changer	V12	Insufficient contact pressure	0.00613
	V13	Contact point stains	0.01226
lead	E	Lead failure	0.0625
other	F	Other failures	0.0745
Total			0.4143

導入線上局部放電診斷，
某電力變壓器失效率降低

$$\frac{0.0625}{0.4143} = 15\%$$

圖 26 失效率評估

O3KR2：根據國際資產管理標準，完成變壓器、斷路器及電力傳輸等三類關鍵設備之關聯性分析與可靠度評估，以研製變電所設備資產管理策略。

預知維護資產管理整合平台開發，包括變電所資產管理運維決策引擎與變電所廠區巡檢系統與輸入介面之開發。

- a. 變電所資產管理運維決策引擎開發：根據 CIGRE TB 761，整合複合式診斷技術，使用健康指標之方法，針對變電所之供電變壓器與氣體絕緣開關設備(Gas Insulated Switchgear, GIS, 涵蓋斷路器及電力傳輸)等兩項設備，依性能、狀態、壽命等指標，分別(1)建置資產資料庫，(2)評估相關測試與分析項目，如：變壓器之油中氣體分析、歷史負載、局部放電，及 GIS 之接觸電阻、絕緣電阻等完成關聯性權重係數分析如圖 27，(3)並以健康指標(HI)整合可取得之指標與項目，建立可靠度評估程序，開發變壓器及 GIS 之健康指標計算介面程式如圖 28。

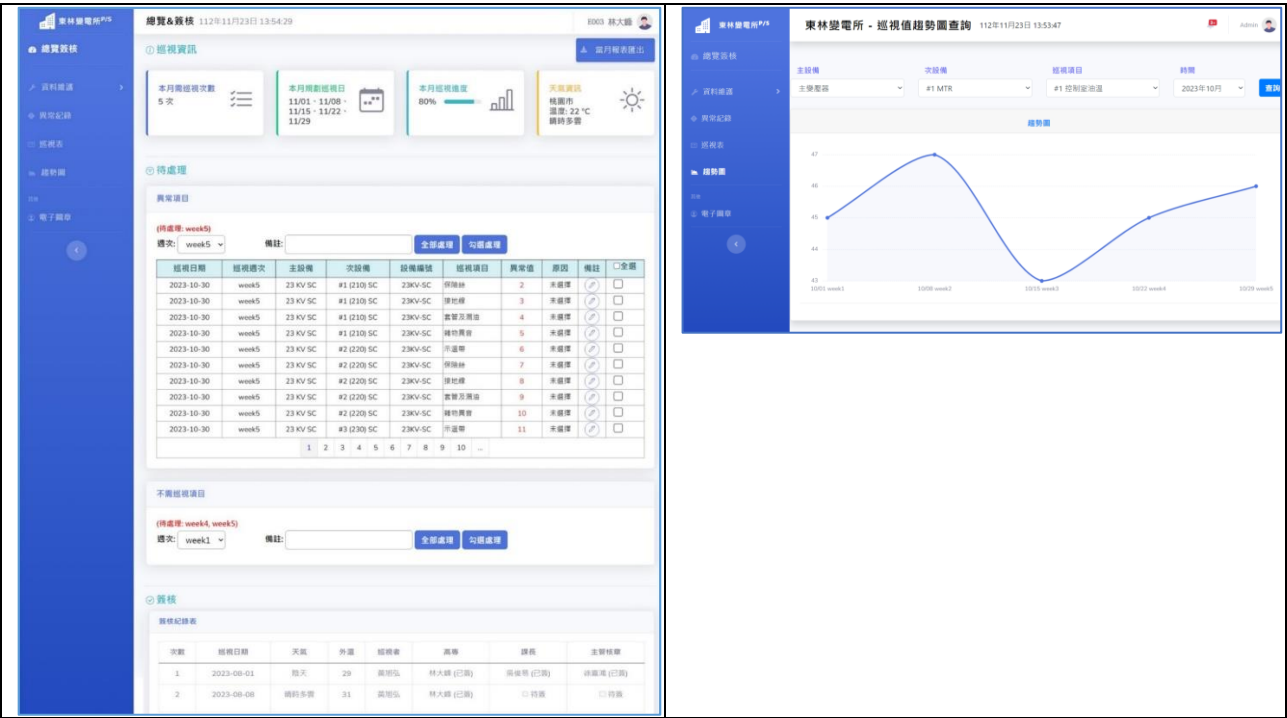
- b.變電所廠區巡檢系統與輸入介面開發：依據台電變電所取得之現行巡視紀錄表，開發數位巡檢系統如圖 29，除了將原有的巡檢資訊電子化之外，另外結合了多元化的資料查詢及顯示功能介面，提升資料蒐集的即時性、可維護性、可應用性及紀錄的可保存性，並與後端資產資料庫達到完善的數據應用整合，從而建立一個完整的資產管理策略應用方案。

項次	變壓器評估項目	關聯權重	指標	項次	GIS 評估項目	子評估項目	關聯權重	指標
1	事故率	5	性能	1	斷路器/ 電力傳輸	一般目視檢查項目	7	狀態
2	油中氣體分析因子	10	狀態			接觸電阻測量	8	性能
3	負載因子	5	性能			絕緣電阻測量	9	壽命
4	油質因子	3	狀態			運行時序測量	9	性能
5	總糠醛濃度	2.5	狀態			常規目視檢查	7	狀態
6	冷卻設備	2	性能	2	SF6 氣室	SF6 氣體質量測量	10	性能
7	高級模式辨識	10	性能					
8	使用壽命(總糠醛濃度)	2.5	壽命					
9	使用壽命(含水量)	3	壽命					
10	使用壽命(負載)	5	壽命					
11	油中氣體能量強度	5	性能					
12	局部放電	7	狀態					
變壓器之關聯性權重係數				GIS 之關聯性權重係數				

圖 27 關聯性權重係數

變壓器	GIS	變壓器輸入資料顯示	健康指標計算結果	變壓器	GIS	GIS輸入資料顯示	健康指標計算結果
評分與權重參數顯示(1)	評分與權重參數顯示(2)	0. 變壓器健康(近州自營至電網，取前6位變壓器)	0. GIS健康(近州自營至電網)	評分與權重參數顯示	GIS輸入資料顯示	健康指標計算結果	0. GIS健康(近州自營至電網)
1 油溫 HI = 41.67	4 油北 HI = 78.77	2 油南 HI = 63.1	5 油北 HI = 80.1	1 油溫 HI = 99.30	4 油北 HI = 100.00	2 油南 HI = 63.1	5 油北 HI = 80.1
變壓器 選擇028A		GIS 選擇1860		變壓器 選擇028A	GIS 選擇1860		
1. Raw Data				1. Raw Data			
a. PFS (%) 5				a. PFS (%) 5			
b. DGAF (ppm)				b. DGAF (ppm)			
ij. H2 8.9		ij. CH4 46		ij. H2 8.9		ij. CH4 46	
iv. C2H4 3.3		vj. C2H2 0.83		iv. C2H4 3.3		vj. C2H2 0.83	
vij. CO2 979				vij. CO2 979			
c. Load Factor (SISB) 0.5				c. Load Factor (SISB) 0.5			
d. 油質(含水量 ppm) 21				d. 油質(含水量 ppm) 21			
e. Furan (2FAL ppm) 0.23				e. Furan (2FAL ppm) 0.23			
f. Cooling equipment (PI) 0.73				f. Cooling equipment (PI) 0.73			
g. APR (配數) 0				g. APR (配數) 0			
h. RUL(Furan) (年) 17.8692				h. RUL(Furan) (年) 17.8692			
i. RUL(Moisture) (%) 10				i. RUL(Moisture) (%) 10			
j. RUL(Load) (%) 10				j. RUL(Load) (%) 10			
k. NEI (上期DGAF ppm) 11				k. NEI (上期DGAF ppm) 11			
ij. H2 11		ij. CH4 46		ij. H2 11		ij. CH4 46	
iv. C2H4 3.2		vj. C2H2 0		iv. C2H4 3.2		vj. C2H2 0	
vij. CO2 1218				vij. CO2 1218			
l. 局部放電 (dBuV) -3.51				l. 局部放電 (dBuV) -3.51			
ij. 局部放電尖峰值 -3.51				ij. 局部放電尖峰值 -3.51			
變壓器之人機介面：變壓器輸入資料顯示				GIS 之人機介面：GIS 輸入資料顯示			

圖 28 健康指標計算介面程式開發



總覽與簽核

巡視值趨勢圖查詢

圖 29 變電所廠區數位巡檢系統畫面

二、里程碑達成情形

(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

完成含再生能源配電之多目標最佳化變壓器換相決策程式開發，以一饋線為例，經最佳化變壓器換相決策調整後，可降低三相電流不平衡率及線路損失。完成 905 具饋線末端單元之三相功率等時性分析平台開發；開發含再生能源與儲能系統的 3 種故障電流計算程式，並整合於具狀態估測之地理圖資系統；建立電力運轉資訊匯流排與動態地理空間資訊整合平台，完成配電饋線變壓器負載估算及其異常示警機制，並以顏色及文字標示變壓器過載預警之服務建議信息。三相功率等時性分析平台，及具故障電流計算與狀態估測之地理圖資系統等 2 個功能，已推廣至台電雲林區處試行。

(二)微電網與配電網共模調控技術開發

完成區域電網輔助調頻策略程式撰寫，共同模擬再生能源發電擾動與低頻卸載對區域電網頻率變動率之影響，協助系統穩定供電，並完成電力設備之硬體迴圈(HIL)雙向通訊測試；完成 MW 微電網模型與動態功率調控策略及補充備轉輔助服務平台建置，並於通過本院與台電電力交易平台之通訊測試，成功執行台電補充備轉輔助服務 1 次，且執行期間各發電機組之輸出與控制命令誤差皆小於 5%；完成三相功率調節系統模式切換及穩壓控制策略開發，當三相功率調節系統、柴油發電機、太陽能發電與負載於併聯運轉情況下，關閉柴油發電機，其功率調節系統由電流控制切換至電壓控制，實測結果顯示太陽能與負載端之電壓變動率為 1.15%，其太陽能與負載皆能持續運轉。。

(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

開發變電所設備損傷診斷評估系統，完成供電變壓器熱點溫度之壽命損失診斷模組開發，提供即時異常警報及壽命損失資訊，可作為運維決策之依據；完成供電變壓器繞組側之碳化損傷程度診斷模組開發，輔助傳統分析方法能判斷故障種類之限制；完成供電變壓器局部放電損傷程度診斷模組開發，經驗證可有效檢測電纜接頭劣化趨勢，依 IEEE C57.140 故障樹分析及 IEEE C57.143 之評估方法論進行失效率評估，可有效降低設備失效率 10% 以上，並參考國際資產管理標準 CIGRE TB 761，完成變壓器、斷路器及電力傳輸等三類關鍵設備之關聯性分析與可靠度評估，依性能、狀態、壽命等指標研製變電所設備資產管理策略及廠區巡檢系統，實際台電某變電所試行。

參、總體績效目標達成情形、年度績效目標達成情形

一、工作指標

項次	指標項目	單位	【計畫全期】 總目標值	【累計至112年】		【112年當年】	
				目標值	實際值	目標值	實際值
1	本土化配電網路管理與地理空間資訊應用平臺之電力潮流計算、狀態估測、三相配置、配電轉供、保護決策等功能開發與整合	件/功能數	5	3	8	1	3
2	協調微電網系統之超級電容、鋰電池、微渦輪機、及柴油機等分散式電源之功率分配，並以秒級提供配電網輔助服務	件/整合分散式電源	4	2	4	0	0
3	電動運具、充換電站、多元儲能、以及智慧監控及充換電排程管理展示平臺等設備建置及功能開發	件/整合設備數	4	2	10	0	10

1. 112 年度工作指標辦理情形

(1) 本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

整合本土化配電網路管理與地理空間資訊應用平台，完成最佳化變壓器換相決策、饋線保護協調策略及饋線變壓器異常示警機制等 3 件應用功能開發。

(2) 微電網與配電網共模調控技術開發

已於 111 年完成 MW 微電網系統 4 種分散式電源(包含超級電容、鋰電池、微渦輪機、及柴油機等)整合，並完成補充備轉輔助服務功能開發。

(3) 變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

原工作項目執行之電動運具示範充換電站，提前於 111 年度完成量體為 10 部充電樁之最佳儲能電能容量分析、建置展示之階段性成果。原工作項目「電動運具智慧充換電儲能電站技術發展」於 112 年調整為「變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術」。

2. 111 年度工作指標辦理情形

(1)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

整合本土化配電網路管理與地理空間資訊應用平台，完成饋線開關操作序列、故障電流計算、配電設備連結性追蹤技術等 3 件應用功能開發。

(2)微電網與配電網共模調控技術開發

完成微電網系統 4 種分散式電源(包含超級電容、鋰電池、微渦輪機、及柴油機等)整合，並完成即時備轉輔助服務功能開發。

(3)電動運具智慧充換電儲能電站技術發展

完成建置具備本土技術與本土料源之液流電池儲能模組及系統，並整合進以鋰電池為儲能結合太陽能及市電之電動運具充換電站實驗案場，完成一套智慧監控平台軟硬體整合控制精進，利用雙儲能之支援，增加綠電使用的多樣性，系統可自動切換供電來源，開發可對電動汽車與電動機車均可充電之 EMS，進行充換電排程管理上之彈性及功能開發，以帶動電動車市場發展，呼應國家淨零目標。

3. 110 年度工作指標辦理情形

(1)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

整合本土化配電網路管理與地理空間資訊應用平臺，完成配電饋線狀態估測、與配電圖面檢核技術等 2 項應用功能開發。

(2)微電網與配電網共模調控技術開發

完成混合式功率調節系統 2 種直流端電源(包含鋰電池及超級電容)交錯式切換技術建立。

(3)電動運具智慧充換電儲能電站技術發展

已建置一套智慧監控平台，軟體於 111 年持續精進中。

二、效益指標

項次	指標項目	單位	【計畫全期】 總目標值	【累計至112年】		【112年當年】	
				目標值	實際值	目標值	實際值
1	配電饋線之調度管理	條/饋線數	800	300	1117	-	355
2	實際應用場域	處	2	1	2	-	1

1. 112 年度效益指標辦理情形

本計畫完成三相功率等時性分析平台、故障電流計算、饋線變壓器異常示警機制開發，分析台電雲林區處共 355 條饋線資料，並於台電雲林區處上線試行。

2. 111 年度效益指標辦理情形

本計畫完成饋線分段開關操作序列策略功能開發，分析台電高雄區處共 776 條饋線資料，並於台電高雄區處上線試行。

3. 110 年度效益指標辦理情形

本計畫完成配電饋線聯絡開關最佳配置平台開發，分析台電雲林區處 23 座變電所之 341 條饋線資料，並於台電雲林區處上線試行。

肆、重大落後計畫之落後原因及因應對策

※填報說明：

1. 若計畫符合以下任一條件即必填：

(1)總累計進度落後幅度大於1個百分點。

(2)年累計進度落後幅度大於5個百分點。

(3)年累計支用比未達90%。

(4)年達成率未達90%。

2. 若計畫不符上述條件，但個別工作項目或受補助縣市之執行情形明顯不佳，建議仍應填寫此節。

落後原因	因應對策
本計畫進行調頻備轉設施與太陽能系統建置與整合，於112年6月8日進行公開招標，因無廠商投標歷經3次流標，探討原因為本案介面整合複雜，廠商投標意願低落，導致預算執行落後。	原先規劃採購設備，改以既有設備進行軟體功能更新來達成，其目的乃為執行113年調頻輔助項目，並不影響112年計畫執行。

伍、經濟效益

一、可量化之經濟效益

112 年特別預算創造工作機會與帶動公民營企業投資

創造工作機會	帶動公民營企業投資(億元)
53	0.48151

(一)創造就業機會

- 1.本計畫中所有工作者所創造之工作機會為 40 人年，本計畫促成產業界雇用研發人員共 13 人年。
- 2.本計畫與國內學界合作共同培育人才 8 位，進入產學研界服務，俾利於資源整合與提升就業。

(二)帶動公民營企業投資

- 1.本計畫促成崧○投入「整合饋線保護協調策略之地理空間資訊系統」之開發，估計研發投資金額為 220 千元，生產投資金額為 25 千元。
- 2.促成大○系統有限公司自行投資電力與能源產業研發費用 9,000 千元，大○系統有限公司自行投資電力與能源產業生產設備費用 1,000 千元。
- 3.本計畫促成坤○投入「饋線區段分析整合平台」之開發，估計研發投資金額為 2,260 千元。
- 4.本計畫促成健○投入「配電饋線圖資匯出軟體暨三相不平衡區段分析平台」之開發，估計研發投資金額為 11,697 千元，生產投資金額為 23,949 千元。

二、不可量化之經濟效益

(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

- 1.研究團隊以「電網饋線運轉狀態即時顯示裝置及其方法」專利技術，榮獲 2023 年台灣創新技術博覽會(TIE)發明競賽銀牌獎，本技術可於饋線調度操作前完成設備及線路資料狀態預警，協助進行饋線資訊維護。

(二)微電網與配電網共模調控技術開發

- 1.MW 級微電網提供補充備轉輔助服務系統功能測試，以需量反應方式參與台電電力交易平台即時備轉輔助服務，達到整合各種分散式電源與需量調控，協助區域電網達成供電穩定效益，同時刺激儲能、電力電子相關產業投入市場。

(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

- 1.變電設備在線損傷診斷與狀態評估系統開發，可有效降低設備失效率 10%以上，並建置變電所預知維護資產管理整合平台，實際應用於 1 處台電變電所，提升運維效率並降低運維成本。

陸、檢討與建議

一、本計畫之執行於量化成果方面完成有：

本計畫目標為論文 10 篇、研究報告 15 篇、專利 3 件，技轉或技服 2 件。已完成論文 15 篇(含國際期刊 3 篇、國際研討會 3 篇、國內研討會論文 9 篇)、研究報告 21 篇、組成 7 個跨機構合作團隊、培育人才 8 位、專利 6 件(含申請專利 3 件、已獲得專利 3 件)、技術移轉 2 件、技轉金額 2,000 千元(含簽約金和授權金 1,550 千元、技轉權利金 450 千元)、促成投資 4 件、促成投資金額 48,151 千元、技術服務 2 件、服務金額 490 千元、促成廠商增聘人數 13 人。如下表：

項次	工作類別	112 年度	
		目標數	達成數
A	論文(篇)	10	15
B	合作團隊(計畫)養成(個)	-	7
C	培育及延攬人才(人數)	-	8
D1	研究報告(本)	15	21
G	智慧財產(申請或獲得國內外專利)(件)	3	6
J1	技轉與智財授權(件)	1	2
J1	技轉與智財授權(金額)(千元)	-	2,000
L	促成投資(件)	-	4
L	促成投資(金額)(千元)	-	48,151
R	增加就業(人)	-	13
S1	技術服務(含委託案及工業服務)(件)	1	2
S1	技術服務(含委託案及工業服務)(金額)(千元)	-	490
T	促成與學界或產業團體合作研究(件)	-	7

二、質化成果方面完成有：

(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

1. 完成含再生能源配電之多目標最佳化變壓器換相決策程式開發，以一饋線為例，經最佳化變壓器換相決策調整後，可降低三相電流不平衡率及線路損失。完成 905 具饋線末端單元之三相功率等時性分析平台開發如圖 4，該平台可於同一時間片段分析饋線各區段與饋線末端單元(FTU)之三相負載資料，並計算電流不平衡率，該平台已於台電雲林區處調度中心試運行，提供區處人員進行各饋線三相不平衡分析。
2. 研析國內外饋線保護協調方法，並研析饋線發生事故且故障隔離後，其下游健全區之 FTU 與轉供饋線 FCB 之保護協調性。研擬適應性饋線架構之保護協調策略，並驗證其可行性、撰寫此策略之程式、開發其使用者平台，可依使用者選定 FCB 之饋線、FTU 之饋線，分析其保護協調性、提出改善建議、及繪製改善後之保護協調曲線圖。整合饋線單相接地、兩相短路、與三相短路等故障電流計算功能於具狀態估測之地理圖資系統中，並將其推廣至台電雲林區處試運行，協助台電模擬與評估各種故障電流之情形。
3. 完成再生能源即時發電量估算模組，及變壓器負載估算之軟體框架，建立線路架構資訊轉換功能，結合 PV 發電量估算資訊，經由電力計算程序估算得出節點電壓、電流及配電饋線變壓器所承負載量，並以顏色及文字標示變壓器過載預警之服務建議信息，同時將電力運轉資訊轉換為訊息形式，開發電力運轉資訊匯流排之資訊路由，可觀察其時間動態資訊，建立傳輸資料流，於地理空間資訊整合平台呈現配電系統動態變化。

(二)微電網與配電網共模調控技術開發

1. 完成區域電網輔助調頻策略程式撰寫，與硬體迴圈建立及其雙向通訊測試，共同模擬再生能源發電擾動與低頻卸載對區域電網頻率變動率之影響，協助系統穩定供電，包含完成台電雲林 XG25 饋線區域電網架構模型建立，如鋰電池儲能系統、太陽光電、柴油發電機、饋線及負載等模型；以變電所區域電網在孤島運轉下，並考量太陽光電發電擾動與儲能電池電量(SoC)變化下，完成輔助調頻策略流程研擬；依據所建立的硬體迴圈架構，完成區域電網儲能 SoC 過低，且再生能源發電擾動造成區域電網頻率變動過大時，輔助調頻策略判斷需卸除部分負載之訊號雙向通訊測試，透過即時模擬器發送數位輸出(DO)訊號給智慧電子設備，且智慧電子設備在接收指令並執行卸載後回傳數位輸入(DI)訊號給即時模擬器，並完成變電所區域電網藉由適當卸除部分負載之輔助調頻策略即時模擬，達成降低頻率變動速率，有助於維持頻率穩定。
2. 完成 MW 微電網模型與動態功率調控策略建立，並模擬於接收到調度指令後，能源管理系統整合各分散式電源輸出功率，降低本院高壓用電量達 1MW 且持續 1 小時以上；完成補充備轉輔助服務平台建置，可調整分散式能源之發電功率、輔助服務持續時間、及高壓 69kV 端負載抑

低量等功能，並於 112 年 8 月 7 日通過本院與台電電力交易平台之通訊測試；完成微電網持續輸出 1MW 達 2 小時 30 分之補充備轉執行測試，其中 1 號柴發電 650kW、分散式能源發電 200kW(包含 2 號柴油機發電 150kW、混合式功率調節系統發電 30kW、微渦輪機發電 20kW)、儲能系統發電 150kW，且執行期間各發電機組之輸出與控制命令誤差皆小於 5%；依據本院負載動態變化，以每分鐘調控 MW 級微電網輸出功率，並配合台電夜尖峰時段，於 10 月 26 日 17:19~19:19 成功執行台電補充備轉輔助服務 1 次。

3. 完成多電源系統之併聯模擬，並進行三相功率調節系統與太陽能及柴油發電機併聯實測，三相功率調節系統可分擔三相負載用電，並維持柴油發電機三相個別相基載輸出；開發具個別相調控之三相功率調節系統孤島偵測模組，包含電壓及頻率偵測功能，其模擬結果所示，當併接點電壓降至 0.35pu 且頻率降為 58Hz 時，功率調節系統可於 0.016 秒內偵測，迅速完成模式切換，確保太陽能持續併網運轉；完成三相功率調節系統模式切換及穩壓控制策略開發，關閉柴油機使功率調節系統由電流控制切換至電壓控制，實測結果顯示太陽能與負載端之電壓變動率為 1.15%，其太陽能與負載皆能持續運轉。

(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

1. 自行開發油中氣體故障損傷診斷評估模組，能將 DGA 故障損傷程度分級(Level 0~3)，與商業軟體相比較，能夠優先發現變壓器內發生絕緣劣化故障，並且能辨識出故障的嚴重度。

三、檢討與建議

(一)本土化配電網路管理與地理空間資訊應用

本計畫已於本土化配電網路管理系統平台完成饋線開關操作序列、故障電流計算、配電設備連結性追蹤技術等功能開發，然而為要強化配電系統韌性，達到降低配電中性線電流達 20%，避免配電保護設備動作造成饋線跳脫，尚須進行三相配置與變壓器換相策略、電驛動態設定策略、變壓器異常示警機制、視覺化顯示及行動裝置通報系統等相關技術開發，進一步提升系統供電品質。

(二)微電網與配電網共模調控技術開發

本計畫完成硬體迴圈建立、雙向通訊測試及區域電網輔助調頻策略建立，此外透過 MW 微電網模型與動態功率調控策略，完成補充備轉輔助服務平台建置，且配合台電夜尖峰時段，成功執行台電補充備轉輔助服務 1 次，另完成三相功率調節系統模式切換及穩壓控制策略開發，可關閉柴油機使功率調節系統由電流控制切換至電壓控制，其太陽能與負載皆能持續運轉。本計畫後續將延續所開發成果，進行硬體迴圈與區域電網輔助穩壓調控策略之整合及測試，以 MW 級微電網系統執行調頻備轉輔助服務，以及進行三相功率調節系統、再生能源與柴油機等 3 種電源協調控制開發測試，由功率調節系統補償柴油機不平衡電流，並可全日穩定運轉，藉以完善功能開發。

(三)變電所損傷診斷與預知維護資產管理技術

本計畫後續將延續現階段成果，進行設備運轉效能變化資訊挖掘與狀態評估模組開發；研製維護保養與剩餘壽命控管專家決策系統，延長設備之檢測週期 20%，實際至少於 1 處台電變電所試行。