

303 停電事故檢討報告

經濟部

2022 年 3 月 7 日

目 錄

壹、	前言	1
貳、	興達電廠開關場事故說明	2
一、	興達電廠及開關場基本資料	2
二、	開關場設備故障事故過程	3
三、	對供電之影響及復電經過	11
參、	調查結果及原因研判	15
一、	興達電廠部分	15
二、	電力系統部分	17
三、	跳脫機組無法於短時間內恢復併聯原因	18
四、	外部專家學者意見	19
肆、	改善對策	20
一、	設置風險管控專責單位及提高電網管理層級	20
二、	強化電網韌性的設計	20
三、	邀集國內外電力系統專家協助診斷	23
四、	強化人員的訓練與風險意識	23
五、	建議投入國家資源以加速提升電網韌性	24
伍、	結語	26
	附錄.....	28

壹、前言

台電公司興達發電廠燃煤機組二、三號機配合環保停機進行大修，345kV(北)開關場配合興達二號機大修進行斷路器編號 3540、3550 維護保養工作。3 月 3 日上午 9 時 16 分發生開關場事故，事故發生前(上午 9 時)系統備轉容量率雖達 24.61%，惟因事故導致南部地區電力供需失衡，造成南部地區停電，中、北部地區也有用戶受影響停電。

事故發生前，斷路器 3540 因檢測發現絕緣氣體六氟化硫(SF₆)含水量過高，因此將該斷路器所屬區間的六氟化硫回收，當日相關人員進行隔離開關 3541 操作測試時，在未確認相鄰區間的絕緣氣體 SF₆ 壓力情形，導致操作後發生短路接地故障，並引發連結至龍崎超高壓變電所之發電機組全數跳脫。

龍崎超高壓變電所是南部供電樞紐，因此南部地區包括大林、南火、興達、核三、麥寮、嘉惠、豐德等電廠均受到影響而跳脫，合計減少約 1,050 萬瓩的供電能力，相當於當日全電力系統用電需求的三分之一。

由於機組跳脫造成南部地區供需失衡，系統自動切離保護，全台電力系統受到瞬間頻率變化影響，引發中、北部地區低頻卸載，導致中、北部部分地區亦有用戶停電。總計全台停電戶數約 549 萬戶，經全力搶修，事故當日中午 12 時已復電 7 成，21 時 31 分全數復電。

貳、興達電廠開關場事故說明

一、興達電廠及開關場基本資料

(一)興達電廠位於高雄市永安區與茄萣區交界，北臨興達漁港，全廠機組裝置燃煤機組有 4 部機共 210 萬瓩，燃氣複循環機組有 5 部機共 222.6 萬瓩，全廠裝置容量合計 432.6 萬瓩，事發當時燃煤機組發電量約 66.9 萬瓩、燃氣複循環機組發電量約 130.4 萬瓩，合計約 197.3 萬瓩。

(二)興達電廠共有興達(北)、興達(南)兩開關場，出口電源線共四回線，分別引接至路北及龍崎變電所，如圖 2.1 及 2.2 所示。

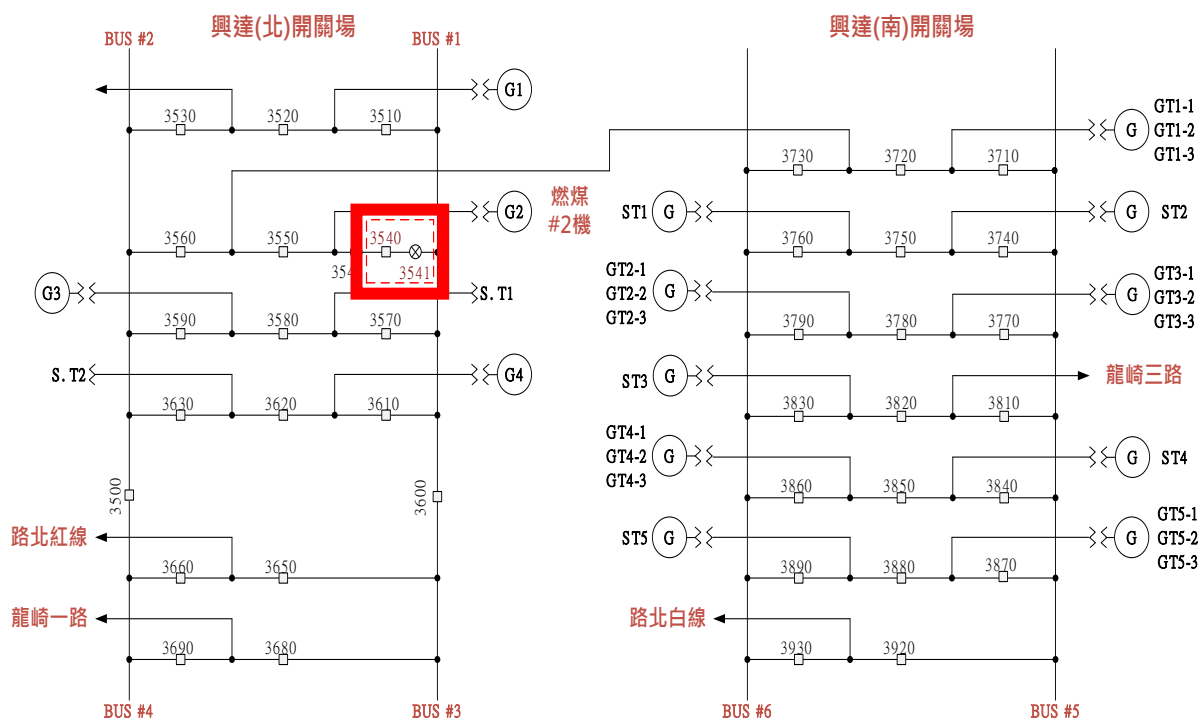


圖 2.1 興達電廠開關場

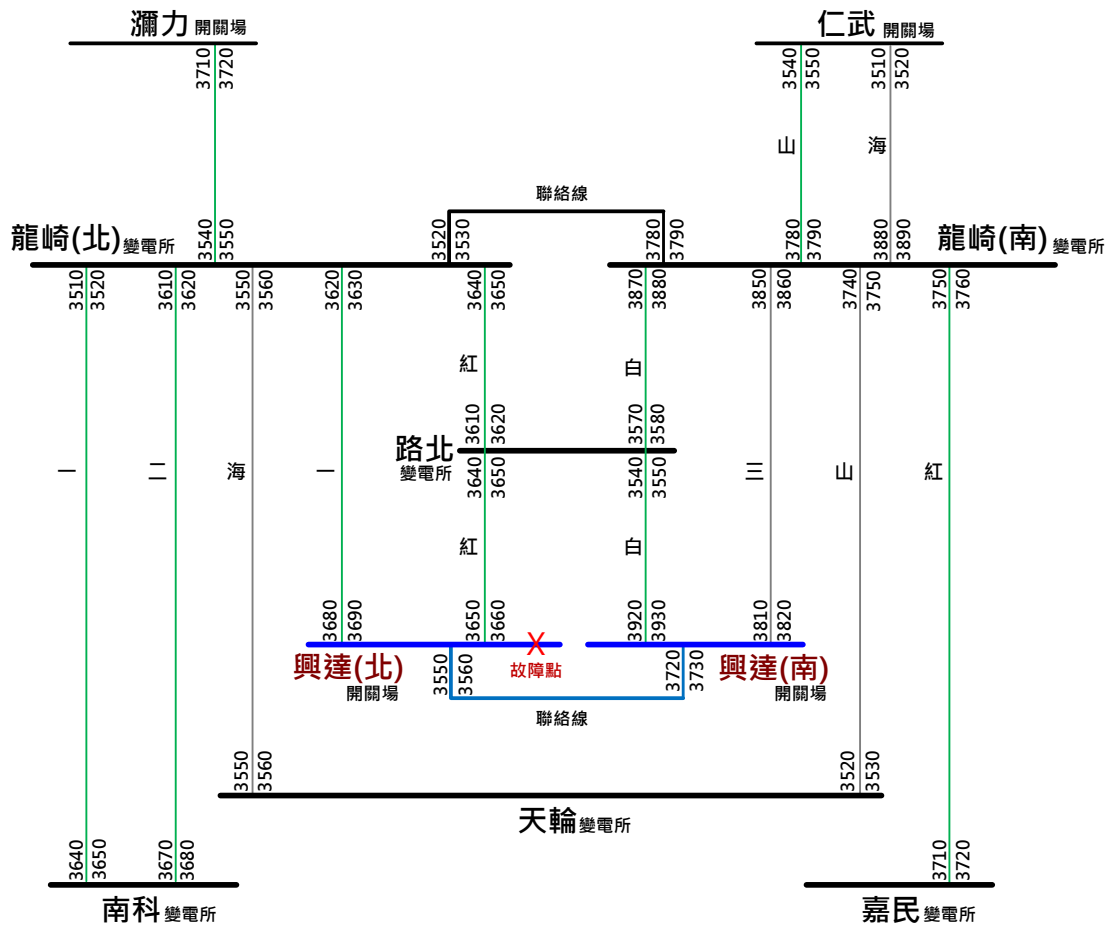


圖 2.2 南部電網系統

二、開關場設備故障事故過程

(一) 興達電廠 345kV(北)開關場維護保養工作說明

興達電廠燃煤汽力機組二、三號機配合環保停機進行歲修，345kV(北)開關場配合興二機大修(1月1日~3月15日)必須隔離，同時進行斷路器 3540、3550 大修保養工作。

345kV(南)開關場因興達~龍崎三路停電進行氣封型絕緣線路工程，僅剩興達~路北白線一回線輸電至龍崎變電所，為避免線路故障導致(南)開關場全黑無法供電，爰將(南)、(北)開關場間聯絡線合聯以確保融

通性。

(二) 隔離開關 3541 操作過程

1、 相關人員說明：

本次維護保養作業相關涉及人員茲先說明如下

- (1) 興達電廠開關場值班人員：負責開關場控制室之操作，有值班主任等。
- (2) 興達電廠維護單位人員（變電一課）：有簡課長、田工程師、黃技術員等，負責變電維護工作，及監工委託修護處之工作。
- (3) 修護處人員：為電廠關鍵設備核心技術維護單位，受興達電廠委託辦理大修工作。

2、 隔離開關發生閃絡（導體對地放電瞬間所產生火花或電弧現象）事件序：

(1) 2月28日

台電公司修護處進行斷路器 3540 六氟化硫(SF6)絕緣氣體充填，並於檢測後發現含水量較高，決定要回收 SF6 絕緣氣體進行過濾及熱處理以去除水分。

(2) 3月2日

- a. 修護處上午 08:30 開始先將絕緣氣體抽出，電廠維護單位有派員監工(黃君)，而黃君於 15:30 因要下班即離開現場，惟黃君表示知道修護處當日有將絕緣氣體抽完，即電廠維護單位知道斷路器

內無絕緣氣體。

- b. 電廠維護單位當日向開關場值班主任(李君)提出「設備維護檢修、試驗工作聯絡書」(以下簡稱檢修聯絡書)，準備於 3/3 日上午進行隔離開關 3541 投切測試。

(3) 3 月 3 日

- a. 09:00 電廠維護單位課長(簡君)及承辦人(田君)帶檢修聯絡書向值班主任(李君)要求操作 3541 開關，值班主任表示至開關場巡視確認相關開關已在開路狀態(OPEN，表示未通電狀況)，但未確認斷路器是否有絕緣氣體下，即同意電廠維護單位申請操作隔離開關 3541，並於操作盤上將隔離開關 3541 投入(CLOSE，表示閉合使其通電)，現場操作盤面及開關設備掛鎖卡如圖 2.3 所示。



圖 2.3 現場操作盤面及開關設備掛鎖卡情形

- b. 電廠維護單位監工黃君向承辦人(田君)表示 3540 內無絕緣氣體，惟田君當下未對投入隔離開關後可能造成設備危害作出反應，值班主任(李君)亦未意識到可能風險，即操作 3541 開關投入，隨後即造成導體對外殼閃絡。
- c. 因 3541 開關連結於一號匯流排(#1 Bus)，但興達開關場共 6 個匯流排均連在一起(沒有分群)，且相關保護電驛失效下，故造成興達電廠全黑(所有機組全部跳機，喪失廠內用電)。

3、 隔離開關 3541 測試流程說明：

- (1) 興達(北)開關場因應大修工作，斷路器 3540(絕緣氣體 SF6 尚未回充)及相鄰隔離開關 3541、3542 掛卡開啟(開路)以隔離帶電匯流排#1 BUS，接地開關 3541E、3542E 掛卡投入(閉合)接地，以確保相關設備工作安全，大修期間狀態如圖 2.4 所示。

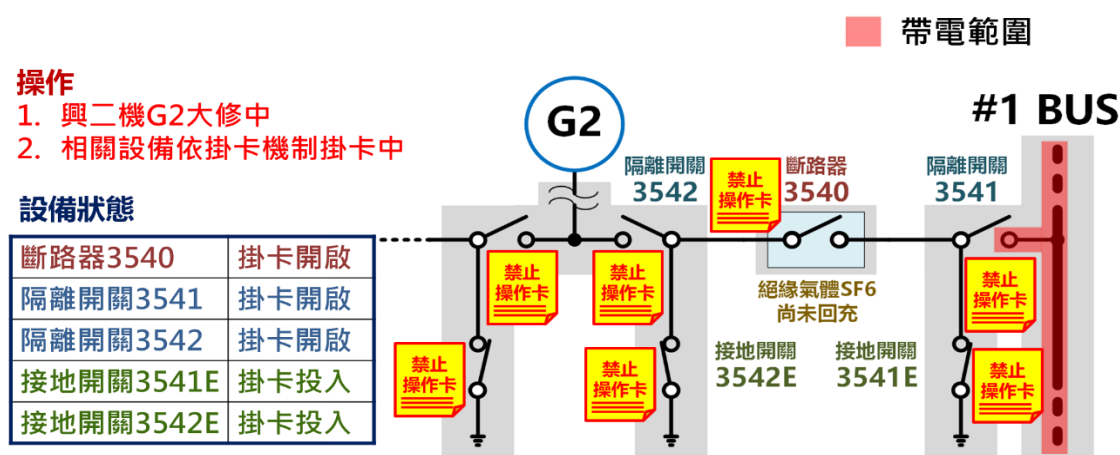


圖 2.4 事故發生前設備掛卡情形

(2) 隔離開關 3541 於機組大修期間有更換控制元件，更換後須進行投切測試確認功能是否正常，測試前接地開關 3541E、3542E 由維護單位銷卡後交值班人員操作開啟，並將隔離開關 3541 銷卡等待操作，測試準備狀態如圖 2.5 所示。

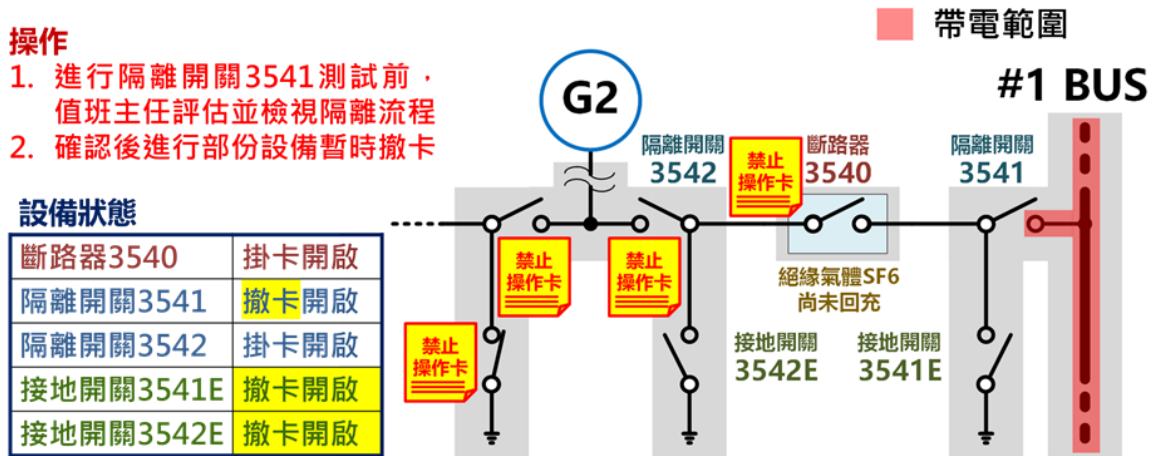


圖 2.5 事故前開關 3541、3541E、3542E 撤卡待測試狀態

(3) 值班人員檢查斷路器 3540 及接地開關 3541E 確實開啟(開路)後，操作隔離開關 3541 投入，未確認相鄰斷路器 3540 區間之絕緣氣體已抽離，導致發生隔離開關 3541 經由斷路器 3540 導體閃絡事故，事故狀態如圖 2.6 所示。

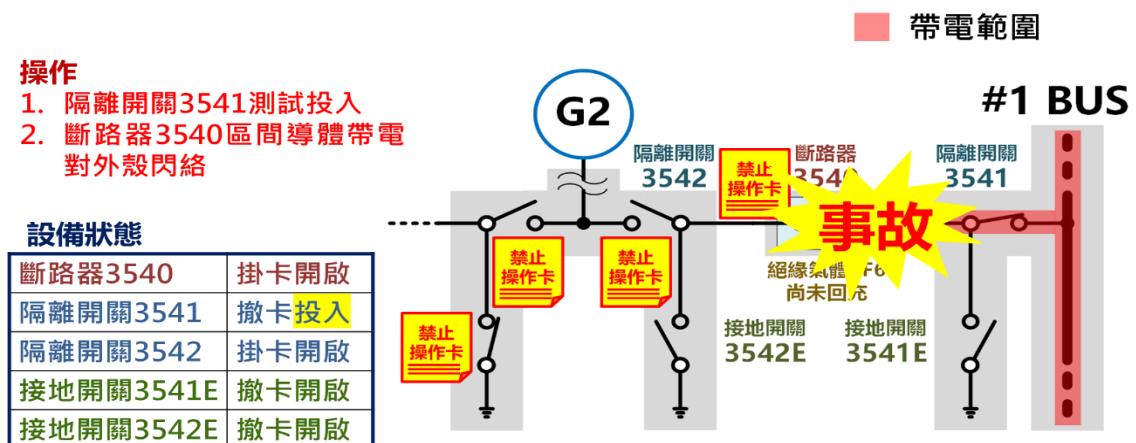


圖 2.6 事故發生情形

(三) 線路及機組跳脫動作過程

1、系統頻率變化：

本次事故頻率變化情況如圖 2.7 所示。因興達電廠匯流排發生接地故障，且匯流排保護電驛未正常發揮功能，導致龍崎超高壓變電所對外出口線路於 9:16:20.667 起陸續跳脫。

最後一條線路中寮~瀾力線於 9:16:21.255 跳脫，龍崎變電所(含)以南系統與中、北部系統分裂，南部系統全黑。中北部地區用電需求大於供給，頻率開始下降。

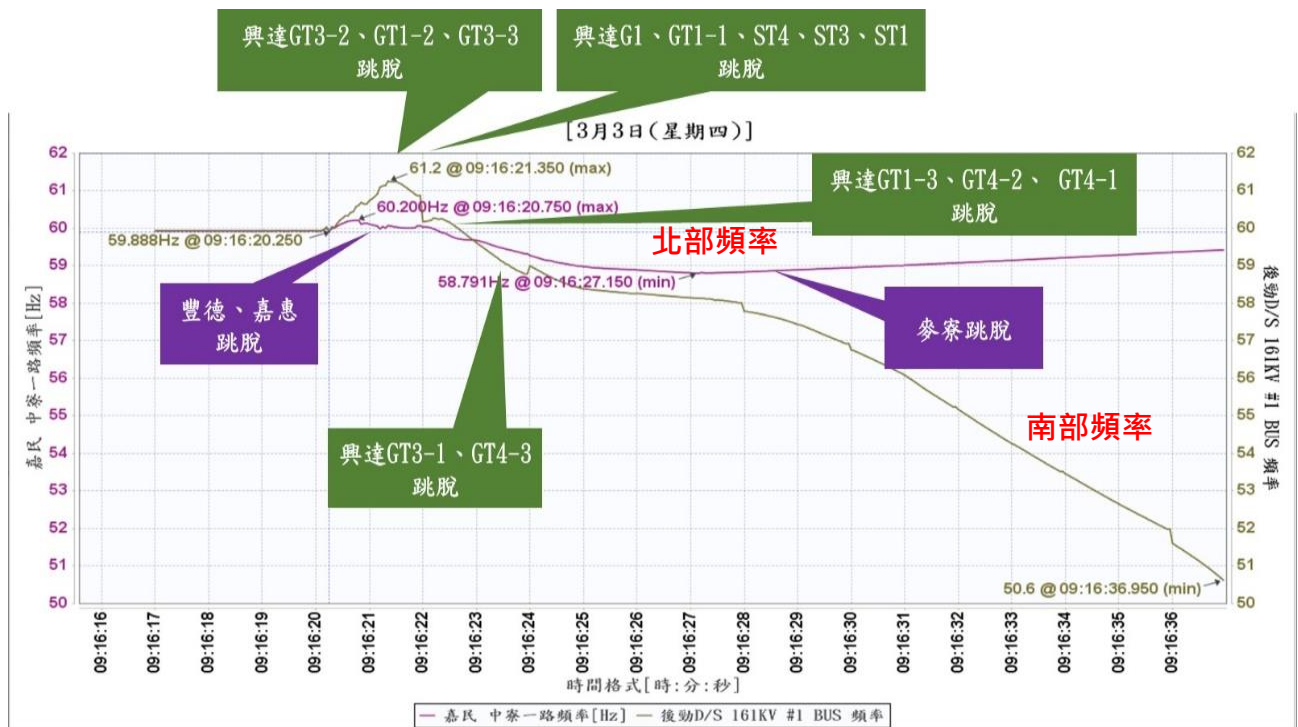


圖 2.7 系統頻率變化情況

2、匯流排保護及線路跳脫情形：參考圖 2.8

(1) 興達電廠分群為(南)、(北)開關場，各設有匯流排保

護電驛，3月3日當天因龍崎~興達三路停電進行氣封型絕緣線路工程，(南)開關場僅剩路北~興達白線一回線輸電至路北變電所，為防止(南)開關場全黑，(南)、(北)開關場間聯絡線合聯確保融通性，但線路合聯後失去分群效果。

(2)龍崎超高壓變電所分群為(南)、(北)開關場，因天輪~龍崎山線、天輪~龍崎海線停電進行鐵塔改建工程、龍崎~興達三路停電進行氣封絕緣線路工程及仁武~龍崎海線停電點檢，為確保系統融通性，(南)、(北)開關場間聯絡線合聯，但線路合聯後失去分群效果。

(3)興達電廠(北)開關場閃絡事故發生當時，因隔離開關 3541 為馬達驅動式操作機構，操作投入指令後由開啟至完全閉合約需 7 秒，過程中帶電之一號匯流排經由隔離開關 3541 對相鄰已無絕緣氣體之斷路器 3540 導體放電，惟產生之洩漏電流，持續 5 秒後匯流排保護電驛判定為比流器訊號異常，自動閉鎖保護電驛功能，致使興達電廠第一道保護機制失效。接著隔離開關 3541 接地故障發生，(北)開關場匯流排保護電驛已閉鎖(即關閉保護功能)無法清除故障，故障電流持續存在。電驛閉鎖之原因如下述：

- 匯流排保護電驛經由比流器(CT)取得設備電流訊號經邏輯計算決定動作，若比流器異常則傳送

錯誤電流信號到匯流排保護電驛，致使計算錯誤造成誤動作。

- 匯流排保護電驛設計有偵測比流器異常功能邏輯，其邏輯為電力系統不可能存在長時間故障，故目前匯流排保護電驛設定持續5秒接收到低於匯流排額定電流之電流信號時，會判定為比流器異常，為避免匯流排保護電驛誤動作，會自動閉鎖保護電驛(即關閉保護功能)。

(4)此設於鄰近興達電廠之變電所第二道後衛保護機制啟動，龍崎、路北、嘉民、南科、仁武等5所超高壓變電所線路跳脫，惟路北~興達白線、龍崎~路北白線未跳脫，經查係因電力搖擺(電流斷續變化)，造成電驛無動作，導致電力系統擾動，引發南部地區豐德、興達、嘉惠、南火、麥寮、核三、大林等電廠機組跳脫；以龍崎變電所為分界，往北線路陸續跳脫，以南系統自動切離，全台系統裂解為北中及南部兩個系統，限縮事故範圍於南部系統。

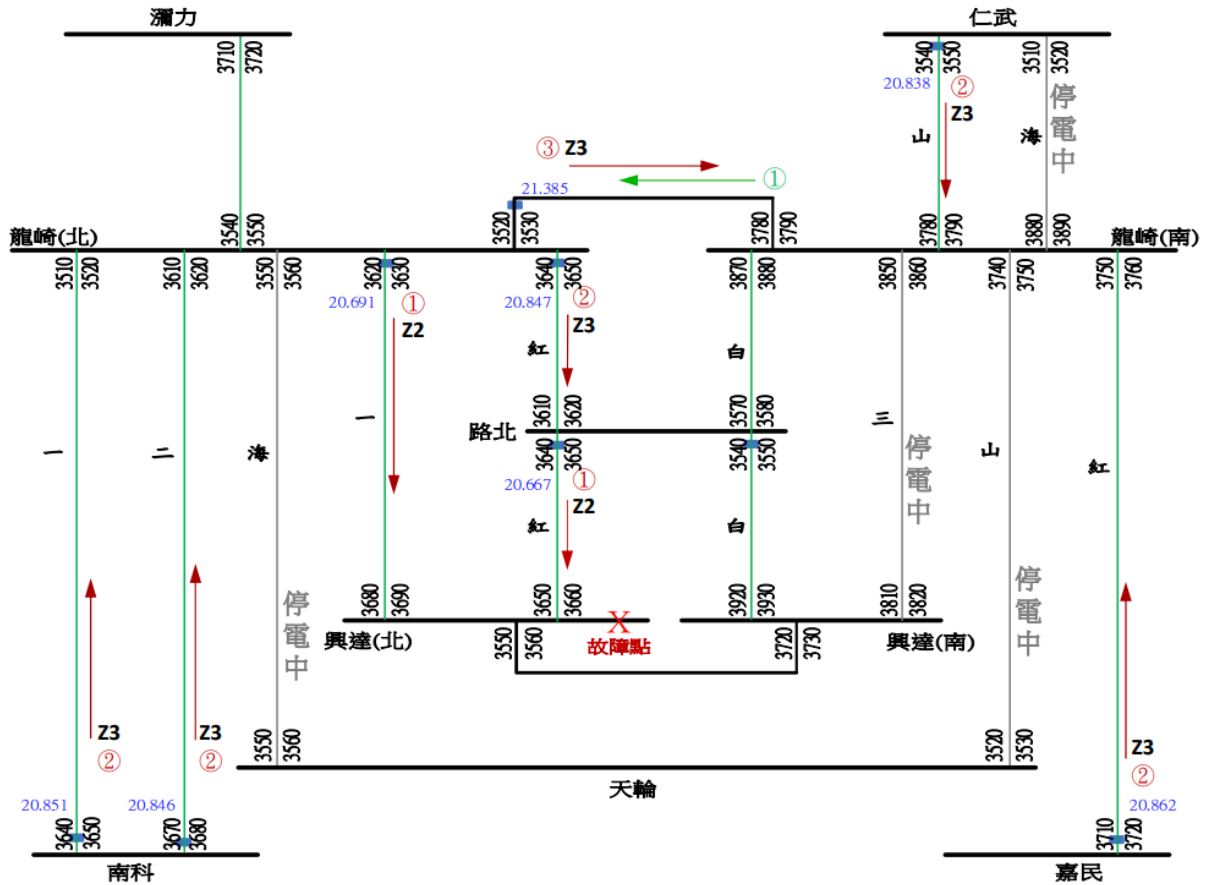


圖 2.8 匯流排保護及線路跳脫情形

三、對供電之影響及復電經過

(一) 事故當時整體電力供需狀況

2022 年 3 月 3 日預估系統瞬時尖峰負載(18 時)約 3100 萬瓩，系統供電能力 3351.3 萬瓩，備轉容量 251.3 萬瓩(8.11%)。

當日上午 9 時系統負載 2850 萬瓩，當下系統供電能力 3551.5 萬瓩，備轉容量 701.5 萬瓩(24.61%)。

(二) 事故時系統情況

因興達電廠匯流排發生接地故障，且匯流排保護電驛未正常發揮功能，導致龍崎超高壓變電所對外出口線

路陸續跳脫，各線路跳脫時間如表 2.1 所示。當最後一條中寮南～瀾力線於 9:16:21.255 跳脫後，龍崎變電所(含)以南系統與中、北部系統分裂，如圖 2.9 所示。

表 2.1 南北超高壓主幹線跳脫時序表

順序	線路	時間
-	龍崎～天輪山線	事故前停電工作中
-	龍崎～天輪海線	事故前停電工作中
1	龍崎北～南科二路	9:16:20.846
2	龍崎北～南科一路	9:16:20.851
3	龍崎南～嘉民	9:16:20.862
4	中寮南～瀾力	9:16:21.255

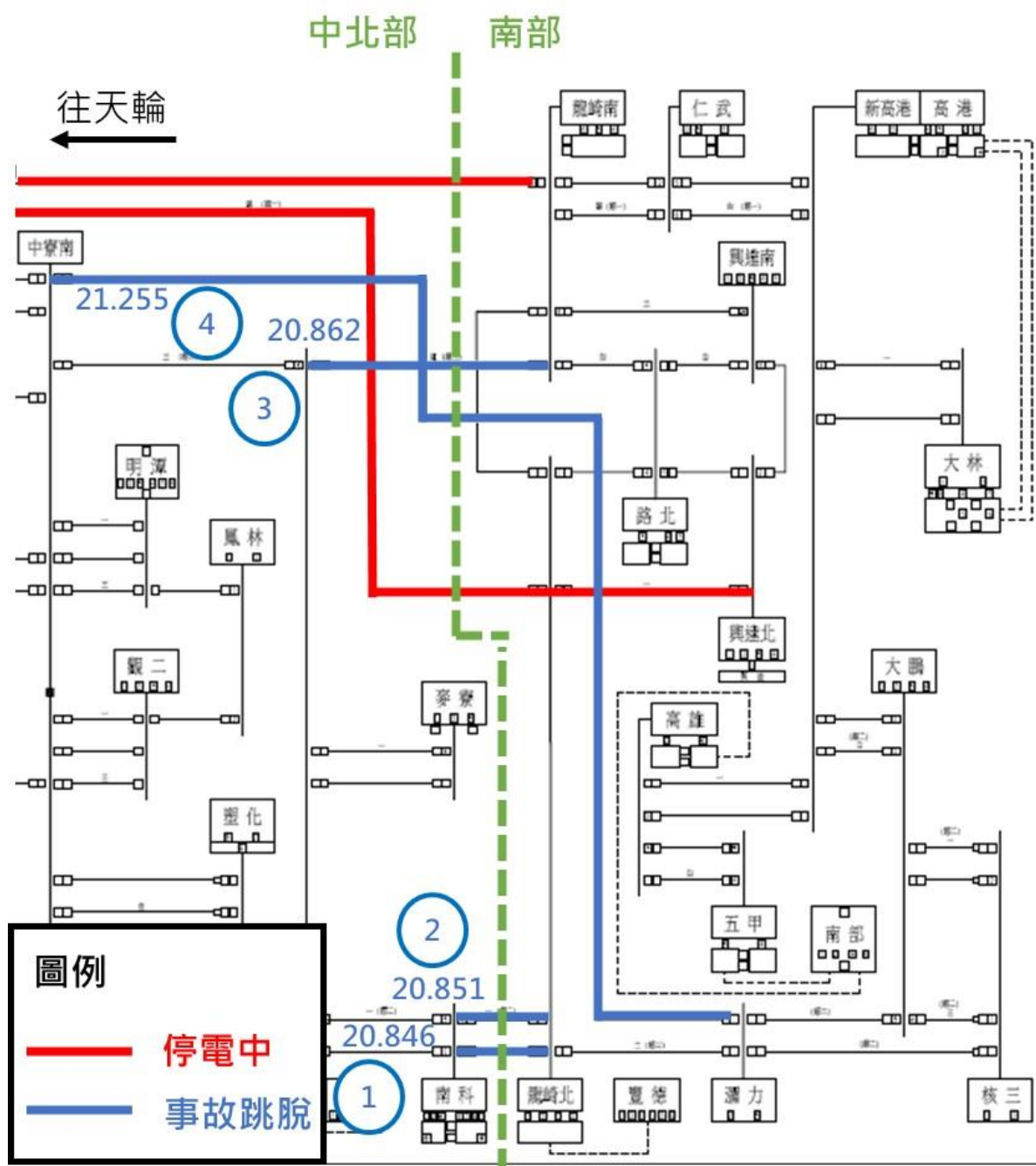


圖 2.9 北、中部與南部系統分裂後示意圖

系統分裂後，南部系統頻率上升至 61.2Hz，後因南部機組陸續跳脫，南部頻率持續下降，最終導致南部系統全停電。因中北部系統用電負載需求大於電力供給，頻率最低降至 58.79Hz，如圖 2.10 所示。

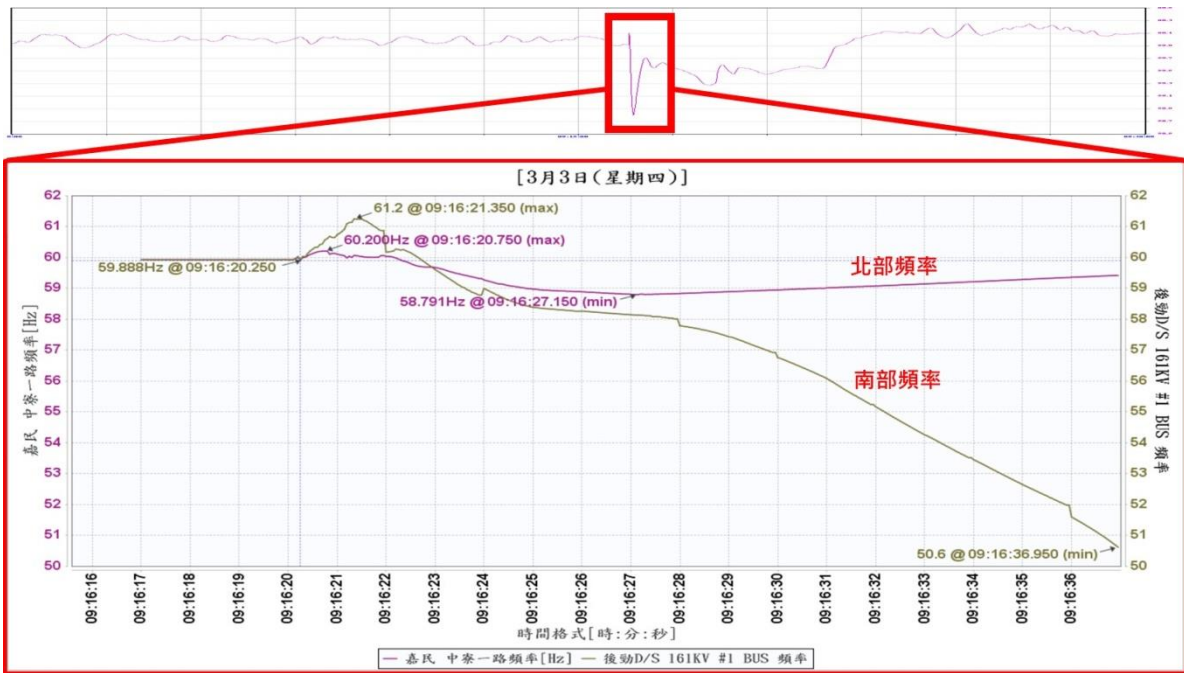


圖 2.10 分裂後南部與北部系統頻率曲線
 中北部系統頻率下降第一次觸發低頻電驛動作卸載，卸載量約 360.5 萬瓩，中北部頻率回升至 59.7Hz，因用電負載仍持續增加，導致 9:18:38 時頻率下降，第二次觸發低頻電驛動作卸載，卸載量約 74.6 萬瓩，於機組陸續併聯後系統頻率如圖 2.11 所示。

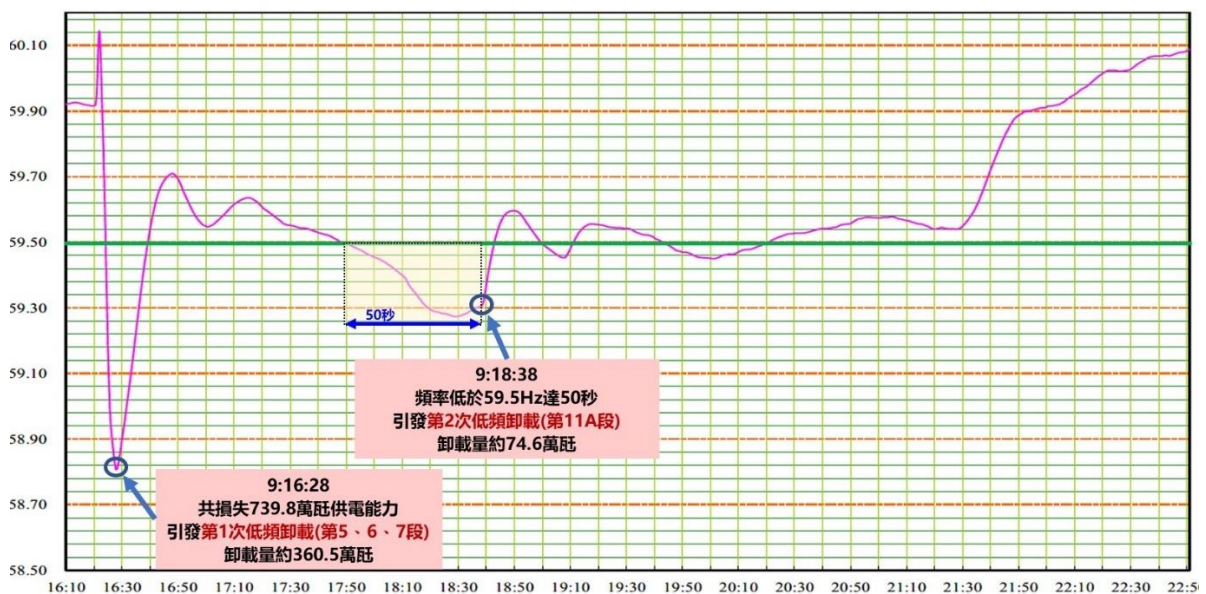


圖 2.11 中、北部系統頻率曲線與低頻卸載動作情況對應圖

(三)用戶停電情形

- 1、當日上午9時16分因興達電廠開關場事故，南部地區上游系統電源頓失，致原主要供應之高雄及屏東地區幾乎全區停電外，並因中、北及東部電網供需不平衡，導致電力系統頻率驟降，引起低頻電驛觸發自動進行卸載，同時造成中、北及東部，部分地區自動卸載而停電，全台共計549萬戶受影響。
- 2、隨著嘉惠及水力機組等電源逐漸併聯發電，中、北及東部低頻卸載用戶約400萬戶於11時27分全數復電，至3月3日12:00統計尚餘雲林以南地區約149萬戶停電，配合南部機組陸續加入系統，供電能力逐步恢復，雲林以南地區陸續復電，最後於21:31恢復全數民生用電。
- 3、此次303事件發生後南部各電廠均全黑，導致各輔機跳脫後無法立即起動，重新建立輔機電源、冷卻水系統、空氣系統需要花費較長時間，以致於拉長機組起動時程。

參、調查結果及原因研判

一、興達電廠部分

- (一)事件中電廠維護人員對於斷路器工作尚未完成，即要求銷卡對鄰近隔離開關進行測試操作，導致禁止操作卡(黃卡)防呆機制失效，另維護人員於跳機風險查核

欄位登載為「否」並已由經理核章認可，對於可能危害缺乏認知，如圖 2.12。

(二) 值班主任在開關投入前，雖至現場確認開關狀態，卻未注意相鄰斷路器區間絕緣氣體壓力是否正常，且未於聯絡書登載該檢修工作是否有跳機風險之覆核結果，亦未於值班欄位核章，如圖 2.12。

興達發電廠設備維護檢修、試驗工作聯絡書

表五

預定工作時間	自 111 年 03 月 03 日 08 時 00 分 至 111 年 03 月 04 日 16 時 00 分 止	
聯絡事項 (工作負責人填)	工作項目: 興二機所屬帶電 DS3541、3552 動作測試	運轉上安全措施、操作內容(值主任填)
	一、工作內容及停止範圍: 1. 確認 ES 355TE、3541E、3542E、3551E、3552E 開啟。 2. DS 3541 投入開啟測試。 3. DS 3552 投入開啟測試。 4. DS 3542 現場投入開啟測試。	發出停電工作副卡()張,懸掛子卡()張 1. 3542 變-田暫消卡 355TE x 2 張, 3541 x 1 張, 3542 x 1 張, 3552 x 1 張。
可能影響機組運轉安全應注意事項:	1. 是否需要做設備試運轉(否)。 A. 設備異常檢修、試驗等, 是否可能有跳機風險(否)。 B. 其它應注意事項: 維護組經理: [簽名] 副廠長	A. 設備異常檢修、試驗等, 是否可能有跳機風險()。 B. 當日備轉容量率 _____ %, 最大影響負載量 _____ MWH。 C. 其它應注意事項: 值班經理: [簽名] 副廠長
說明	1. 凡設備維護檢修或試驗工作均應詳填本聯絡書, 經經理(課長)簽章後送交值班主任填寫安全上有關預防措施, 再指令有關人員操作, 並按停電作業聯繫規定辦理掛卡手續; 工作負責人接到停電工作上之副卡後始准開始工作。 2. 未向調度處申請之工作項目涉及機組可能跳機風險之設備異常檢修, 必須經副廠長以上主管核准才可進行檢修, 並由值班經理管控(並報調度室同意), 且需填列上述欄位 A、B 項事項。	
工作負責人	經理(課長) [簽名] [章] 值班員 [簽名] [章]	值班主任 [簽名] [章]

表格: QP-7.1-1-F8 版次: 0

圖 2.12 電廠檢修、試驗工作聯絡書

二、電力系統部分

(一) 2016 年所更新興達電廠開關場匯流排數位保護電驛所設定啟動閉鎖保護時間(5 秒)與舊有馬達驅動之隔離開關動作時間(7 秒)兩者存有時序差別，導致電驛自動閉鎖，而關閉保護功能。

(二) 興達電廠(南)開關場機組 200 萬瓩供電能力，因配合線路容量擴增工程需求，兩回線電源線僅剩一回線；為強化電力系統融通能力，經併用廠內聯絡線後，於施工期間失去南北開關場分群效果。

(三) 目前我國電網過度集中，導致風險過高，造成電網集中的原因如下：

1. 因我國自然地形條件因素，電力難以各區域自給自足，故電廠採集中式發電及管理，並以南北三路 345kV 主幹道融通全國電力，以兼顧電力設施定期檢修之供電彈性。
2. 隨著用電需求持續成長，但電源開發卻不易。過去以開發火力機組為主，且於既有場址擴建，導致電廠大型化且更加集中，台電公司以電廠開關場採分群運轉方式以降低風險。
3. 同時，電廠對外輸出之電源線工程常遇抗爭新建不易，且工期動輒 10 年以上，難以滿足用電成長及電源開發之時程需求，故過去多以既有線路擴

充容量因應，亦自然形成集中化電網，如目前龍潭、中寮及龍崎等三座超高壓變電所為南北融通之大型關鍵樞紐。

4. 台電公司過去已興建三路超高壓幹線，並且規劃龍崎、龍潭及中寮超高壓變電所之開關場採分群方式運轉，以降低風險。此外，亦曾規劃將融通南北電力之第三路 345kV 超高壓幹線(超三路)從中寮開閉所直接引接至瀾力超高壓變電所，以減少電力潮流集中於龍崎變電所之規模，但因當時遭受民眾嚴重抗爭而無法實現，故超三路改接至龍崎超高壓變電所，造成目前龍崎超高壓變電所高度集中之現象。
5. 由於南部電網集中於龍崎變電所，增加系統運轉風險，此由本次 303 事件造成南部地區電廠機組全部跳脫，導致下游用戶復電時程大幅增加。

三、跳脫機組無法於短時間內恢復併聯原因

興達燃煤機組因開關場設備於事故時受損，需經過詳細檢測確認正常可使用，才允許重新送電供機組起動，且南部各電廠均全黑，重新建立輔機電源、冷卻水系統、空氣系統需要花費較長時間，以致於拉長機組起動時程。機組跳脫原因可概分為系統保護電驛動作、輔機低電壓跳脫、汽機超速跳脫等，詳細跳脫原因及重新併聯時間

如表 2.2 所示。

表 2.2 機組跳脫原因、時間及重新併聯簡表

機組名稱	跳脫時間	併聯時間	跳脫時負載	跳脫原因
南複GT2-1	09:16:30.000	3/5 16:09	271	GEN PROTECTION TRIP(低頻電驛動作)
南複GT2-2	09:17:04.244	3/3 12:20		GEN PROTECTION TRIP(低頻電驛動作)
南複ST2	09:16:27.563	3/3 15:25		STG PROTECTION TRIPPED(低頻電驛動作)
南複GT3-1	09:16:30.554	3/3 12:27	220	GEN PROTECTION TRIP(低頻電驛動作)
南複GT3-2	09:16:29.098	3/3 12:46		GEN PROTECTION TRIP(低頻電驛動作)
南複ST3	09:16:28.141	3/3 17:40		ST TRIP SYS TRIPPED(低頻電驛動作)
南複4	09:16:28.765	3/3 21:35	246	GEN. OVEREXCITATION RV(24G-2) ON
大5	09:16:44.110	3/3 17:03	221	低電壓送風機全跳脫Air Flow Lo-Lo鍋爐Trip
大6	09:16:56.418	3/3 22:01	347	低電壓送風機全跳脫Air Flow Lo-Lo鍋爐Trip
大新一機	09:16:36.668	3/4 18:06	800	電壓/頻率差異過大24Ry-發電機Trip
興複GT1-1	09:16:22.117	3/3 13:37	463	測距電驛動作-發電機Trip
興複GT1-2	09:16:21.618	3/3 13:04		測距電驛動作-發電機Trip
興複GT1-3	09:16:22.467	3/3 13:25		測距電驛動作-發電機Trip
興複ST1	09:16:22.564	3/3 19:39		測距電驛及過電流電驛動作-發電機Trip
興複GT3-1	09:16.22.199	3/3 12:53	485	測距電驛動作-發電機Trip
興複GT3-2	09:16:23.316	3/3 14:01		測距電驛動作-發電機Trip
興複GT3-3	09:16:21.475	3/3 13:01		測距電驛動作-發電機Trip
興複ST3	09:16.23.812	3/3 17:40		測距電驛及過電流電驛動作-發電機Trip
興複GT4-1	09:16:21.869	3/3 14:17	356	測距電驛動作-發電機Trip
興複GT4-2	09:16.22.161	3/3 13:57		測距電驛及過電流電驛動作-發電機Trip
興複GT4-3	09:16:22.711	3/3 14:07		測距電驛及過電流電驛動作-發電機Trip
興複ST4	09:16:22.151	3/3 20:03		測距電驛及過電流電驛動作-發電機Trip
興1	09:16:22.011	檢修中	322	低電壓飼煤機全跳LOSS OF ALL FUEL鍋爐 Trip
興4	09:17:34.621	3/4 09:15	347	超速跳脫機構動作，主汽機Trip
潭複GT1-2	09:16:31.064	3/3 11:45	112	BPT葉片路徑溫差大Trip
豐德GT1-1	09:16:20.912	3/3 12:47	473	逆電驛動作跳脫
豐德GT2-1	09:16:20.920	3/3 12:06		逆電驛動作跳脫
豐德GT1-2	09:16:20.926	3/3 13:06	473	逆電驛動作跳脫
豐德GT2-2	09:16:20.941	3/3 12:55		逆電驛動作跳脫
嘉惠GT1-1	09:16:22.215	3/3 10:16	700	低電壓電驛動作跳脫
嘉惠GT1-2	09:16:22.015	3/3 09:49		低電壓電驛動作跳脫
嘉惠GT1-3	09:16:21.814	3/3 10:08		低電壓電驛動作跳脫
麥察1	09:16:28.337	3/3 14:03	359	低電壓電驛動作跳脫
麥察2	09:16:28.383	3/3 17:20	456	低電壓電驛動作跳脫
麥察3	09:16:28.424	3/4 05:59	602	低電壓電驛動作跳脫

四、外部專家學者意見

本部於3月3、5、6日邀集外部專家及能源局、國營會等各單位，召開303事故報告討論會議，各位委員建議事項另詳如附錄。

肆、改善對策

一、設置風險管控專責單位及提高電網管理層級

電網設施精密複雜且遍佈全國，加上 303 事故凸顯電廠與電網之間連鎖性風險，經濟部將責成台電公司設置風險管控專責單位，以澈底發掘系統性風險，推行各項風險控管措施，落實風險管理。

另外，穩定供電除積極開發電源外，完善電網韌性亦為關鍵要素，本次事故反映出電網韌性及分散式電網發展的重要性，是以目前台電公司電網管理的層級應加以提高，以有效推動分散式電網規劃、建設與運維工作。

二、強化電網韌性的設計

(一) 強化第一道保護(廠內)

由 303 事件，若廠內主保護電驛未能正常發揮功能，均可能發生後續重大危害，因此：

- 1、全面檢討各電廠(興達北開關場、通霄舊機組、塔山電廠等)新設數位保護電驛及既有馬達驅動操作設備時序差異，改善邏輯設計。
- 2、全面檢討各電廠開關場系統保護分群機制(如增設聯絡線過電流保護電驛等)。

(二) 強化第二道保護(廠網間)

- 1、全面檢討電廠、超高壓變電所及相關電源線之保護與運維聯繫管控機制，並應配合電網結構變化，滾

動檢討既有保護設定，避免單一匯流排故障影響超高壓變電所之安全。

- 2、電廠或超高壓變電所聯絡線併用時，嚴格管控設備檢修、測試、復電等操作程序，避免因操作失誤導致保護失效。
- 3、增設關鍵超高壓變電所防禦機制，避免電廠或超高壓匯流排保護失靈時，造成事故影響擴大。
- 4、全面檢討龍潭、中寮、龍崎等變電所聯絡線路或斷路器併用時機，並滾動檢討電驛保護協調，重新檢討規劃線路引接方式，避免線路過度集中單一超高壓變電所。
- 5、除前述變電所/電廠電驛保護協調檢討外，應配合電網結構變化，滾動檢討電驛保護協調設定，以消弭各項潛藏性風險事故。

(三) 研提加強電網韌性建設計畫

現行全國電源以南北 345kV 幹線做為整體電力融通的架構，隨著台商回台投資及半導體相關高科技產業用電的大量增長，整個電網規劃須納入分散直供及區域支援的功能，即電網規劃應朝全國融通及區域韌性雙軌並進的架構，降低單一電網樞紐受衝擊後對供電的影響範圍。

因此，為達到穩定供電的目標，除了要有充足的電

源之外，也需要同步強化電網的韌性。具體提升電網韌性作法應優先提升電網之分散性，初步提出改善對策如下：

1. 加速推動分散式電網建設

台電公司針對既有集中型電網所可能產生風險集中的問題，已提出電網分散性及輸變電所等建設，相關工程摘要臚列如下：

(1) 增加區域電網強韌工程

為避免電廠出口線路過度集中於超高壓變電所，台電公司規劃相關線路分散，例如：

興建興達—南科的直接線路，可避免經過龍崎再轉供至南科，除增強區域供電能力，亦可分散龍崎集中供電的風險。

興建港風—中科的直接線路，部分中部地區電源可避免經過中港再轉供至中科，可強化中部科學園區區域供電能力。

(2) 變電所改建工程

加速屋外變電所改建為屋內式變電所及老舊設備汰舊換新工程，同時因應極端氣候，防範設備故障波及衍生大規模停電事件，例如龍崎超高壓變電所改屋內式專案計畫。

2. 加速推動再生能源併網工程

再生能源為分散性電源，可紓解電網集中之現象，我國將加速推動再生能源，以逐步轉型為分散型電網。

三、邀集國內外電力系統專家協助診斷

鑒於本次事故是由人員在未確認設備狀況下操作，引發大規模停電事件，其所涉及之範疇廣泛、更需深度專業分析，故實有必要藉由國內外專家豐富電業經驗，協助進行全面體檢及詳細診斷，以提供改善建議以強化電網韌性。

四、強化人員的訓練與風險意識

由近期所發生 513/303 事件，台電公司於跨單位間之協調及專業訓練皆有嚴重不足之處，其所造成之後果異常嚴重，影響民生及經濟活動。

探究可能造成前述之因素，包括過去曾有段期間新進人力未能及時補足退休人力經驗及能力，產生技術斷層及經驗傳承不足。

由於電力系統及相關設備複雜，且操作具高危險性，因此各項電力設施之操作須更加專業及謹慎，除現行台電公司之訓練作為外，應投入更多訓練資源、提升訓練強度，並且引入國內外專家及資源，以協助台電提升專業訓練量能。

同時間，台電公司應將 513、303 慘痛教訓優先列入現有訓練機制之案例分析，以最快速度讓台電公司各現

場操作同仁快速了解近期事故對於操作上改善事項，並且全面展開。

目前加強人員訓練方式必須要投入具體作為如次：

- (一) 於大林模擬訓練中心開設「開關場運維專班」，納入值班保養聯繫機制、停電工作連絡書、測試運轉連絡書、維護測試程序書、開關場單線圖、絕緣氣體區間圖及重大事故案例分析等課程。
- (二) 於既有「值班主任證照班」、「電控證照班」等電氣專業證照課程中，納入本次興達電廠開關場事故案例研討，以提升人員危害辨識能力。

五、建議投入國家資源以加速提升電網韌性

台電公司為國營事業，長期以公眾利益優先，不以追求獲利最大化為目標，長期提供低廉電價，該公司自 2006 年起發生虧損，於 2013 年累積虧損達最高 2,086 億元，迄 2021 年底累積虧損仍有 385 億元。

另一方面，台電因長期存有累積虧損，導致該公司於投入電力及電網建設時亦步步為營，使得電力設施進度及韌性無法匹配。此外，經由 513/303 事故可知台電公司亦有資源不足、人力青黃不接之情形，勢須由國家資源挹注，方能加速改善。

穩定供電攸關國家安全，電網建設的重要性不言可喻，強化電網韌性建設刻不容緩，建議除台電公司編列年度

預算積極辦理及分年進用人力之外，亦應投入國家資源以加速提升電網韌性。

伍、結語

- 一、台電公司興達電廠開關場於2022年3月3日進行隔離開關投入測試時，因維護及值班人員沒有先確認相鄰之斷路器是否有絕緣氣體，造成設備發生短路，使得興達電廠運轉中之5部機組全部跳脫，也導致多個變電所及電廠跳脫，造成全台高達549萬用戶停電。
- 二、經濟部對於台電公司因本次事故造成社會大眾不便深感歉意，已督導台電公司深切檢討並提出相關改善措施，經濟部亦將管控追蹤後續改善情形。鑒於本次事件所涉之範疇廣泛，更需深度專業分析，將請國內外專家協助進行全面體檢及詳細診斷，提供改善建議以強化電網韌性。
- 三、鑑於本次停電事故之直接原因是台電人員在未確認相鄰區間的絕緣氣體SF6壓力情形下錯誤操作，顯示人員專業訓練不足、未落實管制作為，對於現場狀況及可能風險判斷出現落差，台電公司應投入更多訓練資源、提升訓練強度，並且引入國內外專家及資源，以協助台電公司提升專業訓練量能。
- 四、為澈底發掘系統性風險，經濟部將責成台電公司設置風險管控專責單位，以推行各項風險控管措施，落實風險管理。另由本次事故反映出電網韌性及分散式電網發展對於穩定供電

的重要性，經濟部將要求台電公司提高電網管理層級，以有效推動分散式電網規劃、建設與運維工作。

五、至於單一事故卻造成大範圍停電，則需強化廠內第一道保護開始，全面檢討各電廠內保護電驛邏輯設計及開關場系統保護分群機制，同時也需強化廠網間的第二道保護，全面檢討電廠、超高壓變電所及相關電源線之保護與運維聯繫管控機制。另外，台電公司應積極推動電網韌性建設計畫，包括加速推動分散式電網建設、變電所改建工程、加速推動再生能源併網工程，以使電網架構朝全國融通及區域韌性雙軌並進，降低單一電網樞紐受衝擊後對供電之影響範圍。鑒於電網安全關係國家安全與民生發展，建議除台電公司編列年度預算積極辦理及分年進用人力之外，亦應投入國家資源以加速提升電網韌性。

3月3、5、6日經濟部邀集外部專家學者意見

壹、電源構面：

- 一、 事故發生時，多組連結龍崎變電所發電廠，一一跳脫，請檢討其發生時序及原因。
- 二、 強化事故後復原能力，增設啟動及升降載快速的內燃機機組。
- 三、 電廠韌性及可用性須提高。
- 四、 加強在職人員專業素養，安全演練。
- 五、 提高獎學金數量與額度。
- 六、 這次復電慢，時間長引起反感，若是因為輸電系統虛功電壓問題，就要有因應措施，多加訓練，若是因為大機組，起動慢，可考慮多設小型氣渦輪機或內燃機，減少停電時間及戶數，也可協助再生能源的發展。
- 七、 興達事故顯示現場維護操作人員對於當日因測試或系統需求而需要投切開關應有的認知不足，建議工作小組確實做到每天在現場施做前應開會並紀錄，將後續需要執行的SOP以及研判潛在保護失效問題作預先討論。
- 八、 南北解聯頻率時序圖，建議標示各電廠跳機時間點，並於內文中說明哪一個電驛作動引發相關機組跳機以釐清南部各機組跳機原因。

- 九、 南部各機組跳機之電驛作動原因，到底是頻率引發或是供電線路研判故障引發跳脫應釐清。
- 十、 在第一層部分，於操作興達電廠開關場設備時，操作程序不是沒有 SOP，而是 SOP 不夠完整，且操作人員專業度不足，建議將開關場重要設備停復電操作核定層級提高，另工作執行交接程序之掛卡動作，除掛卡動作外，應在卡上附註重點說明，如本次應加註絕緣氣體六氟化硫(SF6)已抽離。
- 十一、 應加快腳步落實 513 事件後經濟部電力改善小組所提改善建議：加強發電廠抗電力擾動能力（例如：低壓穿越能力、高頻穿越能力等等），以利減少不必要機組跳機事故發生。
- 十二、 儘速評估於發電廠內裝設具備 House Load Operation 功能的控制系統，以利加速跳脫機組重新併網發電，可大幅減少復電時間。

貳、 電網構面：

- 一、 電力系統保護協調的原則是盡量縮小故障範圍，有多道防線，此次故障從興達電廠衍伸到龍崎變電所，再影響到全系統。第一道(興達)及第二道(路北及龍崎)的現有保護設計與設定沒有有效發揮作用，未能快速隔離故障，加上事故當時，龍崎變電所南、北匯流排因線路檢修合聯，導致發生大停電事故。

- 二、本次事故發生時，由於匯流排保護電驛判斷比流器(CT)有異常，因此自動進行閉鎖，導致事故發生後，無法立即啟動保護機制，因此請檢討相關保護協調設定。因應各個現場系統狀況，保護系統之設計與設定必需要對各種故障情境做模擬分析。
- 三、確實檢討設備主/後備保護協調設定，要強化保護可靠性與選擇性，避免事故擴大。
- 四、人為及意外事故難免，雖是誤操作，但保護系統若正確動作，設備經得起短暫擾動就不會事態擴大，台電做好事故後 SOE 分析後，由外界檢視，共同討論，就可以提出更準確的改善建議，民間有許多電廠及開關場運轉保護專家可協助，要看台電願不願意公開資料共同討論，若有獨立監管機構就可做這件事。
- 五、各電廠出口線路以及電力系統樞紐之高壓匯流排是否因為部分輸電線計畫性停電、合聯等操作而影響短路容量，包括最大與最小短路容量以及短路比，因而影響原先保護電驛設定情境，而造成未預期之電驛作動，應再檢視。
- 六、匯流排保護電驛功能閉鎖，而使得故障無法排除隔離，應檢討並改進保護電驛的設定。
- 七、本次興達電廠開關場事故影響到龍崎變電所，在於匯流排保護未執行，且事故當時，龍崎變電所有 4 條線路停電，其聯絡線連接南、北開關場之匯流排系統保護上與一般系

統採分群情況不同，後續改善可否考量裝設方向性過電流保護電驛。

八、興達電廠匯流排保護電驛，目前的設定方式應予檢討，已偵測到異常電流又因誤辨為比流器異常，而未能在故障發生的第一時間隔離清除故障。

九、所有開關場聯絡線都應設置主保護電驛與後備保護電驛，以利阻斷開關場因事故產生故障電流竄出開關場。

參、規劃與調度面：

一、未來規劃相關維修與測試作業時，需考量全系統狀況，進行合適測試規劃、時程安排與保護協調設定。

二、增購 FRR 容量，買保險，降低無預警低頻卸載量。

三、檢討大量地下電纜對復電提載的影響。

四、時序圖顯示南北解聯頻率，建議標示高低頻卸負載時間點以釐清卸載使用時機。

五、因事故前南電北送，南北解聯後北部出現了頻率下降，南部頻率反而上升，理論上應執行卸載是中北部，而南部應適時減少發電，但南部卻也執行卸載(據聞也卸了南部工業區及 H 負載)之原因為何。

六、南部電網解聯後部分地區停電時間過久，影響民生用電甚鉅，雖然南部機組需要時間起機併聯，在不得已情況下仍需要考慮南部用電戶是否以區域輪停方式共體時艱。

七、請說明南北系統回復合聯的時間點以及條件。

八、當中寮~瀾力線於 9:16:21.255 跳脫後，龍崎 E/S(含)以南系統與中、北部系統分裂。請確認是否在事故發生前只有中寮~瀾力線是唯一南電北送的主幹線。

肆、 綜合面：

- 一、本次事故肇因，第一個為人為因素，第二個是在人為因素導致事故發生後，系統韌性問題。不要過於專注基層失誤。
- 二、本次事故第一層人為因素，第二層興達匯流排保護電驛閉鎖未動作，第三層興達電廠事故為何影響龍崎變電所，使連結至龍崎變電所之發電機組全數跳脫？
- 三、台電發輸配電部門建立業務相關韌性指標，逐年檢討。