

審查評估報告

送審單位	台灣電力公司
報告名稱	104 年 4 月 26 日核三廠二號機 輔助變壓器 MA-X05 故障肇因 分析及修復計畫

行政院原子能委員會

中華民國 104 年 6 月 8 日

摘要

104 年 4 月 26 日 23:58 核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障引起火警。火警時輔助變壓器區域之消防水噴灑系統自動啟動，核三廠廠內消防隊亦出動滅火，火勢於 17 分鐘內撲滅。

火警當時輔助變壓器電路之相關保護電驛已依安全設計動作，自動引動主發電機與主汽機跳脫、反應器急停，安全設備動作正常，未影響反應器安全亦不涉及輻射外洩，本事件屬國際核能事件分級制度(INES)之 0 級事件。

原能會(以下簡稱本會)要求台電公司應釐清肇因並提出改善措施，台電公司遂提出「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告送本會審查。依據調查結果，本次事件為輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 非隔相匯流排 A 相水平支持礙子絕緣劣化所致。

核三廠已完成受損設備復原工作，並對其他相關變壓器設備進行檢測，後續運轉期間並將增加每週定期紅外線檢測項目，以進一步確保設備可靠性。本案本會除審查台電公司肇因分析報告外，並赴現場就維護保養、事件肇因等進行查證，經審查及現場查證結果，台電公司肇因分析及修復計畫報告可以接受，本會將持續追蹤核三廠確實完成承諾之後續改善事項。

目錄

摘要	i
目錄	ii
圖目錄	iii
表目錄	iii
一、前言	1
二、事件經過摘述	1
三、相關設備說明	3
四、肇因分析	7
五、核三廠修復計畫	20
六、原能會事件處理	23
七、結語	36
附件一 核能電廠注意改進事項 AN-MS-104-004-0	37
附件二 管制追蹤案建檔資料表 MS-0-10403	39

圖目錄

圖二.1	輔助變壓器消防水噴灑情況.....	2
圖三.1	電力系統簡圖.....	4
圖三.2	廠內用電電源配置.....	4
圖三.3	一號機輔助變壓器 MA-X05	5
圖三.4	輔助變壓器上方外觀圖.....	6
圖三.5	導口箱及 NPBD 內部構造.....	7
圖四.1	輔變 25 kV IPBD 外殼有煙燻痕跡.....	8
圖四.2	輔變 13.8 kV 導口箱靠近 A 相之外殼熔損.....	9
圖四.3	輔變 13.8 kV 導口箱內部狀況.....	10
圖四.4	輔變 13.8 kV NPBD 內 A 相水平第 1 個礙子受損情形.....	11
圖四.5	輔變 13.8 kV NPBD 水平段匯流排導體受損情形.....	12
圖四.6	輔變 13.8 kV NPBD 垂直段匯流排導體受損狀況.....	12
圖四.7	輔變 13.8 kV 三相電壓波形.....	13
圖四.8	事件前後相關電壓、電流、電驛動作波形.....	13
圖四.9	參數來源點.....	14
圖四.10	事件系統簡圖.....	15
圖四.11	事件過程簡圖.....	18
圖四.12	礙子上之舊、新裂痕.....	19
圖六.1	核三廠簡報事件內容與維護作業.....	25
圖六.2	視察團隊至事件現場查看.....	25
圖六.3	視察團隊檢視受損設備.....	26
圖六.4	視察團隊與第一線工作人員討論.....	26
圖六.5	視察團隊聽取台電公司內部故障討論會議.....	27
圖六.6	非 A 相套管絕緣劣化之佐證照片.....	32

表目錄

表四.1	電驛動作時序.....	16
------	-------------	----

「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」審查評估報告

一、前言

104 年 4 月 26 日 23:58 核三廠二號機發生輔助變壓器(設備編號:MA-X05)故障，並引起火警。輔助變壓器座落於廠區，距離反應器廠房有相當距離，火警時輔助變壓器區域之消防水噴灑系統自動啟動，核三廠廠內消防隊亦出動完成滅火及後續火場監控，火勢於 17 分鐘(4 月 27 日 00 時 15 分)內撲滅。事件發生後核三廠已依規定通報本會。

火警當時輔助變壓器電路之相關保護電驛已依安全設計動作，自動引動主發電機與主汽機跳脫、反應器急停，安全設備動作正常，未影響反應器安全亦不涉及輻射外洩，本事件屬國際核能事件分級制度(INES)之 0 級事件。

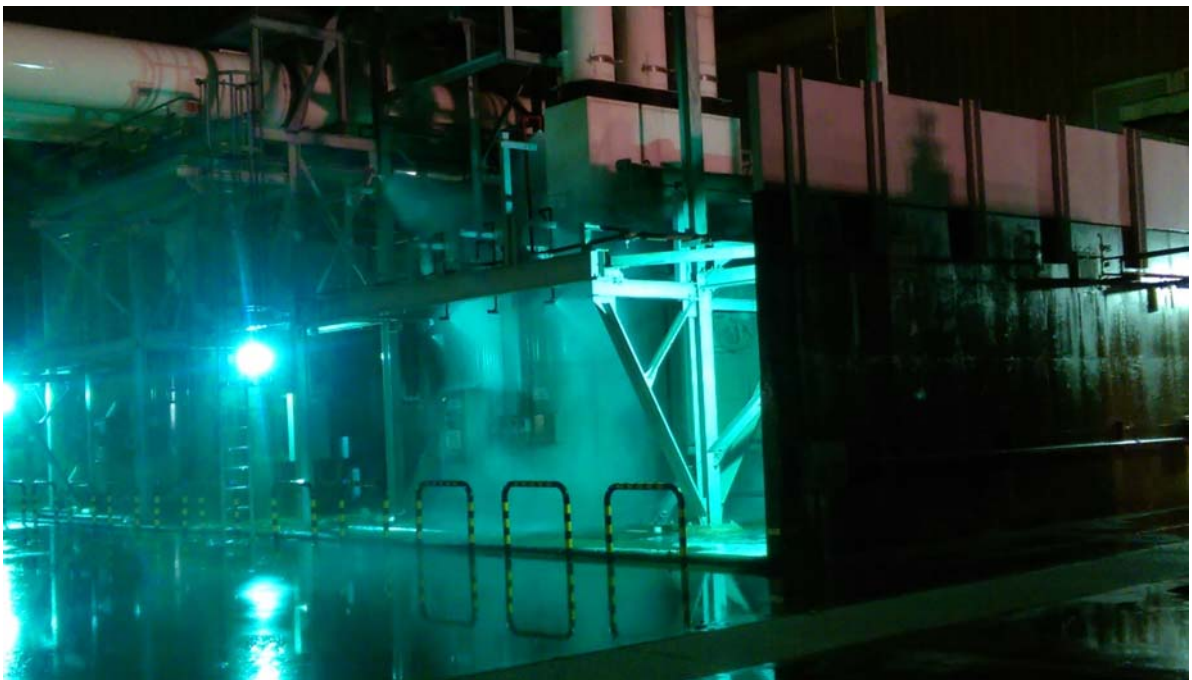
本會職司監督核能電廠運轉安全，除確保機組核能安全外，對於非核能安全相關設備(如此次故障之輔助變壓器)但關乎機組平穩運轉者亦相當關注。本次事件本會密切掌握輔助變壓器故障原因與核三廠設備修復情況，除由原有之駐廠視察員了解現場狀況外，亦派遣視察團隊至核三廠實地查核，另兩度邀集台電公司來會說明，充分就事件肇因、現場狀況、維護保養、後續改善等各層面深入檢討，並要求台電公司應依「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」提出報告確實釐清肇因，採取適當之改善措施，台電公司遂提出「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告，台電公司分析評估本事件係輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 非隔相匯流排 A 相水平支持礙子絕緣劣化所致。事件經過及相關管制過程分述如后。

二、事件經過摘述

104 年 4 月 26 日核三廠一、二號機皆滿載運轉中。23：58 二號機輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 套管箱處起火冒煙，熱電偶式火警偵測器自動引動輔助變壓器區消防水噴灑系統噴灑降溫，如圖二.1 所示。

23：58：41 二號機輔助變壓器 MA-X05 三相差動電驛 387XT2 動作跳脫主發電機與主汽機、開啟 345 kV 開關場斷路器(GCB 3570、3580)。因主汽機跳脫且當時爐心功率大於 30%，故引動反應器急停。

反應器急停後因蒸汽產生器低-低水位(小於 17%)，引動馬達與汽機帶動輔助飼水泵。主汽機跳脫後，主蒸汽斷止閥及控制閥等快速關閉，造成主蒸汽管壓力上升，高於動力釋壓閥(PORV)之開啟設定點，因此附近居民看到蒸汽排放現象，蒸汽排放時間為 23：58~00：08，此部分屬壓水式核電廠二次側沒有輻射之蒸汽。



圖二.1 輔助變壓器消防水噴灑情況

4 月 27 日 00：02，值班人員通知廠內消防隊前往滅火。00：08 廠內消防隊抵達現場，00：15 火勢撲滅，火勢歷時 17 分鐘，持續泡沫噴灑至 00：21，然後改用噴水降溫並監控火場。00：40 消防車停止放水，00：45 廠內

消防系統手動停止噴灑，消防泵停止，共計動員核三廠消防隊員 19 名。

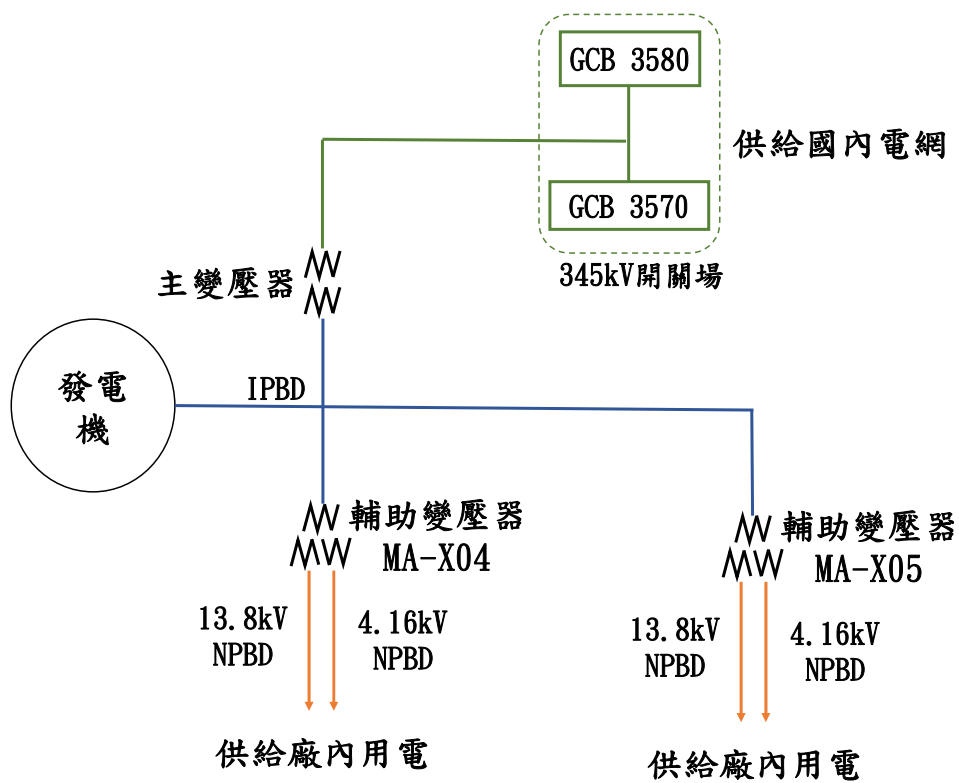
4 月 27 日 00：17 核三廠電話通報本會核安監管中心，00：39 傳真異常事件第 1 次通報至本會核安監管中心。03：36 傳真異常事件第 2 次通報至本會核安監管中心。

本次事件導致特殊安全設施及反應器保護系統自動引動，依據「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」屬於異常事件。另因本次事件安全設備動作正常，未影響反應器安全亦不涉及輻射外洩，屬國際核能事件分級制度(INES)之 0 級事件。過程中一號機未受二號機影響，維持穩定運轉中。

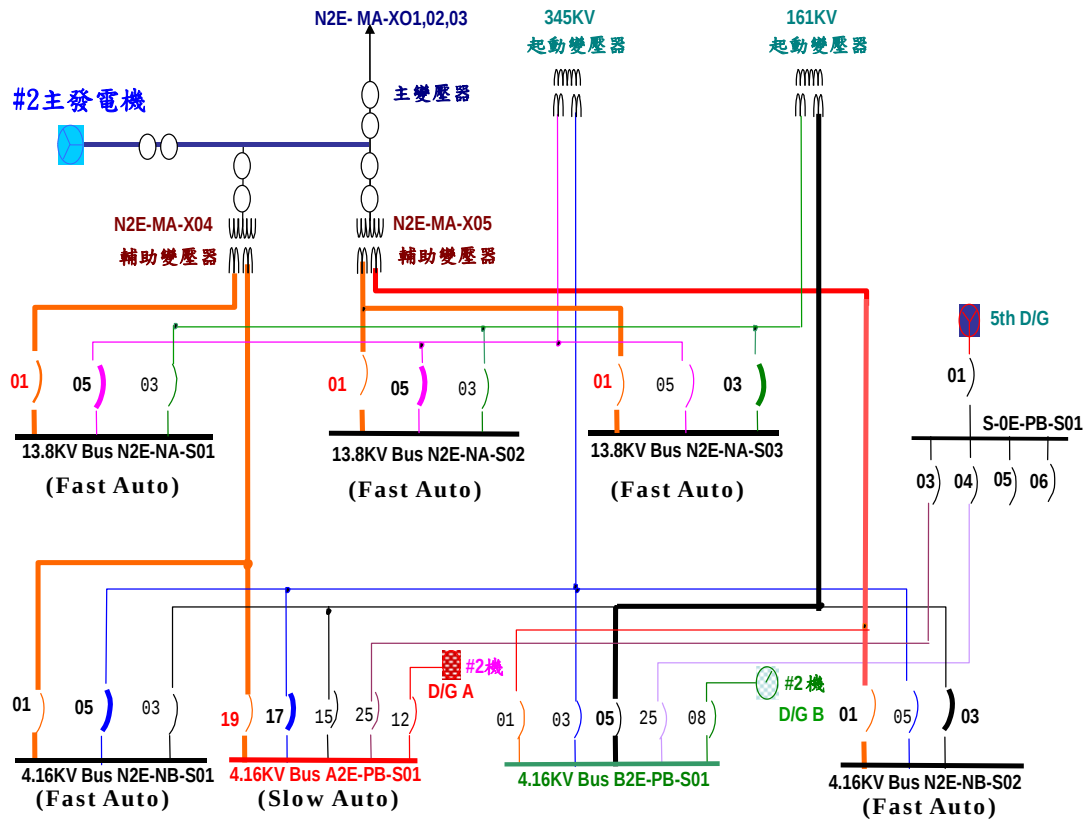
三、相關設備說明

核三廠機組於運轉中所產生之電力，大部分送至外部電網，少部分經輔助變壓器降壓後供廠內用電。核三廠之發電機額定輸出電壓為 25 kV，約 95%的電力經過隔相匯流排 (Isolated Phase Bus Duct, IPBD) 送至主變壓器升壓為 345 kV，經開關場斷路器(GCB 3570、3580)輸出至國內電力網路。另外 5%電力則經兩台輔助變壓器 MA-X04 與 MA-X05 分別降壓為 13.8 kV 及 4.16 kV，經過非隔相匯流排(Non-isolated Phase Bus Duct, NPBD)供給廠內設備使用，參考圖三.1 所示。

核三廠每部機廠內設備用電係經由 3 個非安全相關 13.8 kV 匯流排 (NA-S01、NA-S02 與 NA-S03)、2 個非安全相關 4.16 kV 匯流排(NB-S01 與 NB-S02)及 2 個安全相關 4.16 kV 匯流排(A-PB 與 B-PB)。機組正常運轉時，輔助變壓器 MA-X05 之負載為 NA-S02、NA-S03、NB-S02，供應之設備如：凝水泵、循環水泵、反應器冷卻水泵、中央寒水壓縮機與馬達、熱洩水泵；若有特殊需求時，輔助變壓器 MA-X05 亦可連接至 B-PB 匯流排，提供安全相關設備電力，電源配置如圖三.2 所示。



圖三.1 電力系統簡圖



圖三.2 廠內用電電源配置

NA-S02、NA-S03、NB-S02 匯流排有多種電源，除輔助變壓器 MA-X05 外，尚有 161 kV 與 345 kV 外電，其中 NA-S02、NA-S03 第一優先之後備電源為 161 kV 外電，NB-S02 第一優先之後備電源為 345 kV 外電，輔變 MA-X05 故障時 NA-S02、NA-S03、NB-S02 匯流排已快速自動轉換到其後備電源受電，因此事件不影響反應器冷卻用電安全。

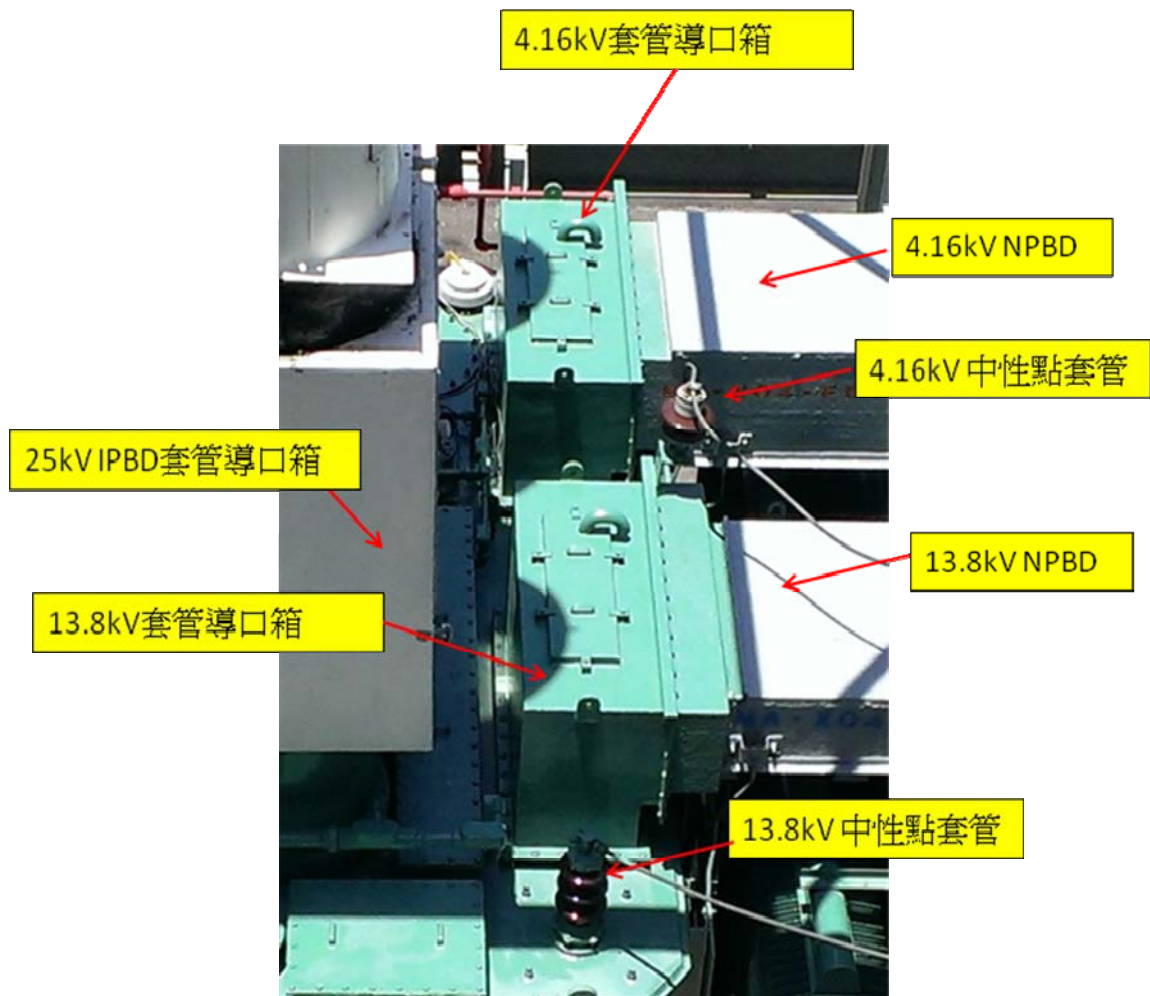
核三廠每部機組有 2 台輔助變壓器(編號 MA-X04 與 MA-X05)，廠區內另有 1 備用台(編號 NOE-MA-X02)。輔助變壓器係 1981 年日立(Hitachi)公司製造，高壓側線圈為 24 kV、低壓側線圈有兩繞組，分別為 13.8 kV 及 4.16 kV，輔助變壓器正面如圖三.3 所示。



圖三.3 一號機輔助變壓器 MA-X05

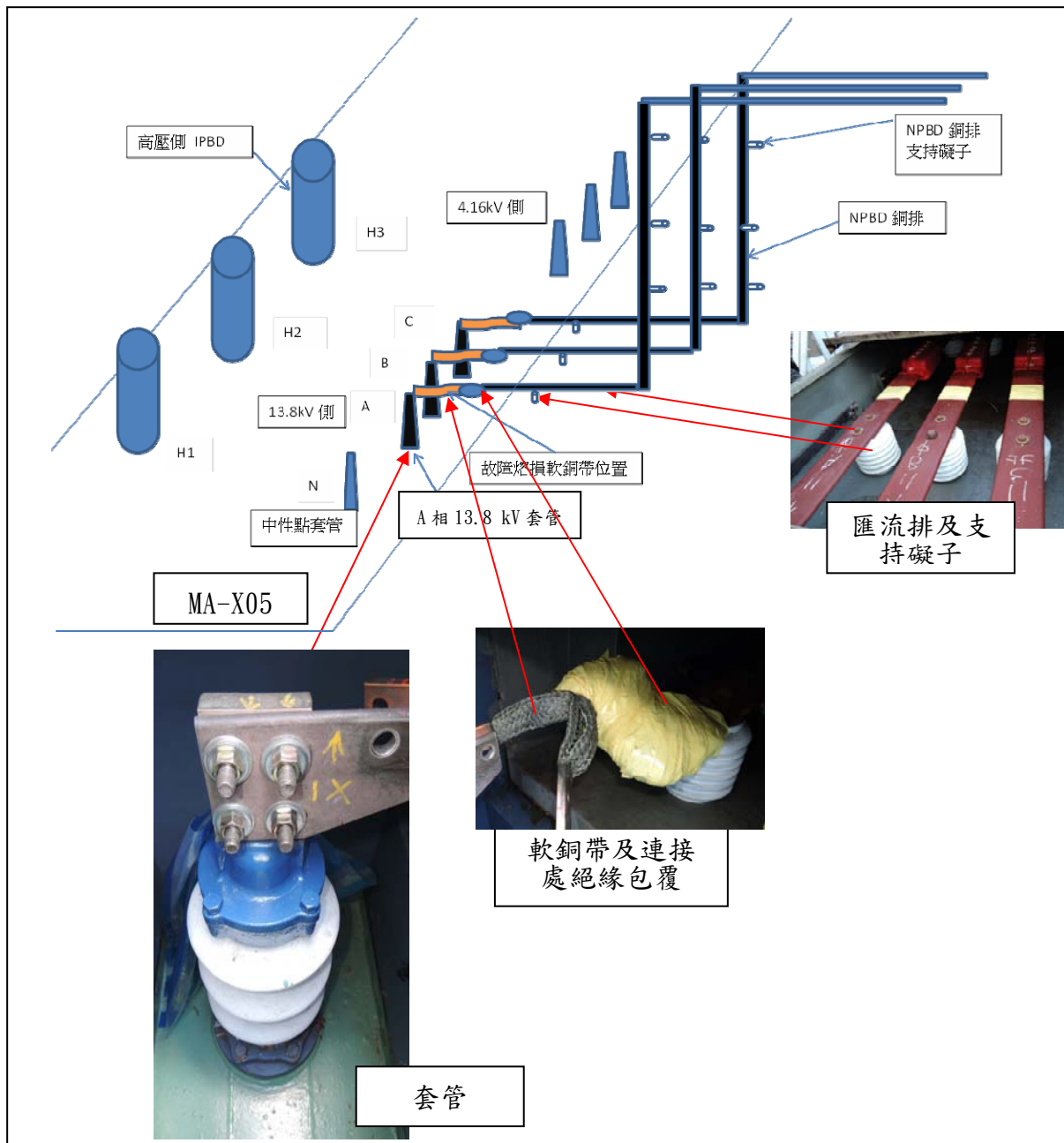
圖三.4 為輔助變壓器上方外觀圖，可以看到 4.16 kV 與 13.8 kV 之導口箱與非隔相匯流排(NPBD)外觀，導口箱與 NPBD 之內部空間係與大氣相連

通，在 NPBD 區段並設有空間加熱器。輔助變壓器本體在導口箱下方，其內部充滿絕緣油，輔助變壓器本體上方另設置有相連通之儲油槽。



圖三.4 輔助變壓器上方外觀圖

輔助變壓器 13.8 kV 導口箱與 NPBD 內部之重要組件為 A/B/C 三相導體，三相導體透過 A/B/C 三相套管自輔助變壓器本體進入導口箱，每只套管與兩條軟銅帶栓接後，再與匯流排導體連接，連接處有絕緣包覆。匯流排導體透過支持礙子固定於非隔相匯流排(NPBD)外殼上，礙子並提供絕緣功能，參見圖三.5 所示。



圖三.5 導口箱及 NPBD 內部構造

四、肇因分析

(一)現場設備狀況及相關紀錄

經台電公司清查及本會現場查證瞭解設備狀況：

1. 輔變 4.16 kV NPBD 外觀完好無受損。
2. 輔變 25 kV IPBD 外殼有煙燻痕跡(如圖四.1)。



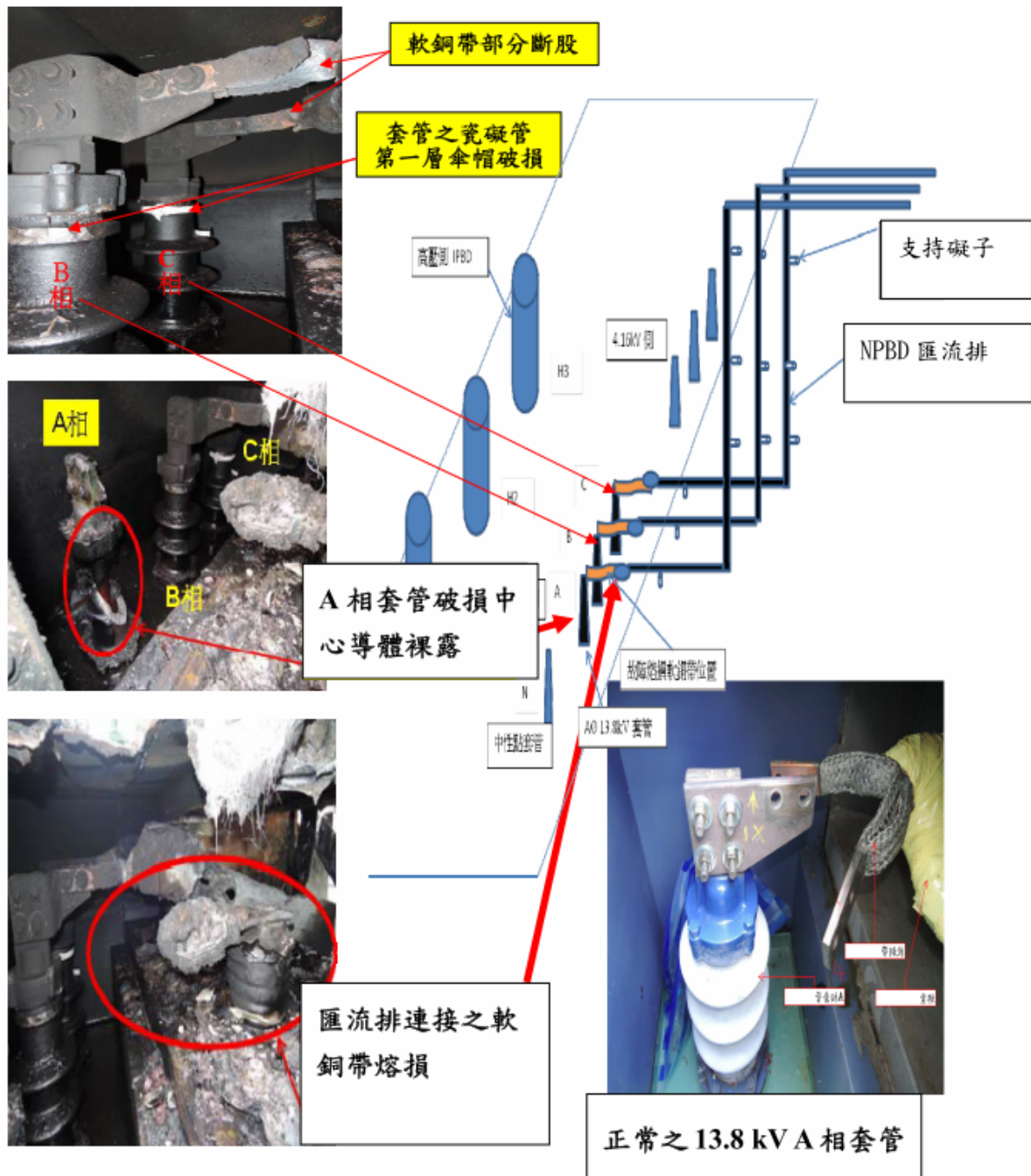
圖四.1 輔變 25 kV IPBD 外殼有煙燻痕跡

3. 輔變 13.8 kV 導口箱靠近 A 相之外殼熔損，如圖四.2 所示。



圖四.2 輔變 13.8 kV 導口箱靠近 A 相之外殼熔損

4. 輔變 13.8 kV 導口箱內 A 相套管破損、中心導體裸露，與匯流排連接之軟銅帶熔損；B、C 相套管之瓷礙管第一層傘帽(上層)破損，軟銅帶有部份斷股情形，如圖四.3 所示。



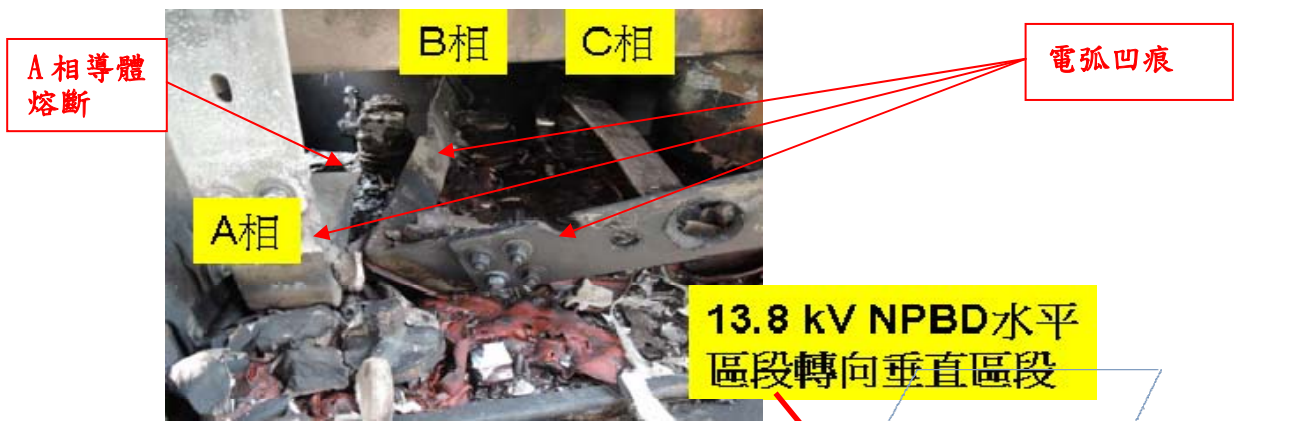
圖四.3 輔變 13.8 kV 導口箱內部狀況

5. 輔變 13.8 kV NPBD 內 A 相水平第 1 個礙子本體有裂痕、閃絡及過熱痕跡，礙子外部第 1 層陶瓷傘裙剝離、內部水泥粘接劑材料外露燻黑，如圖四.4 所示。

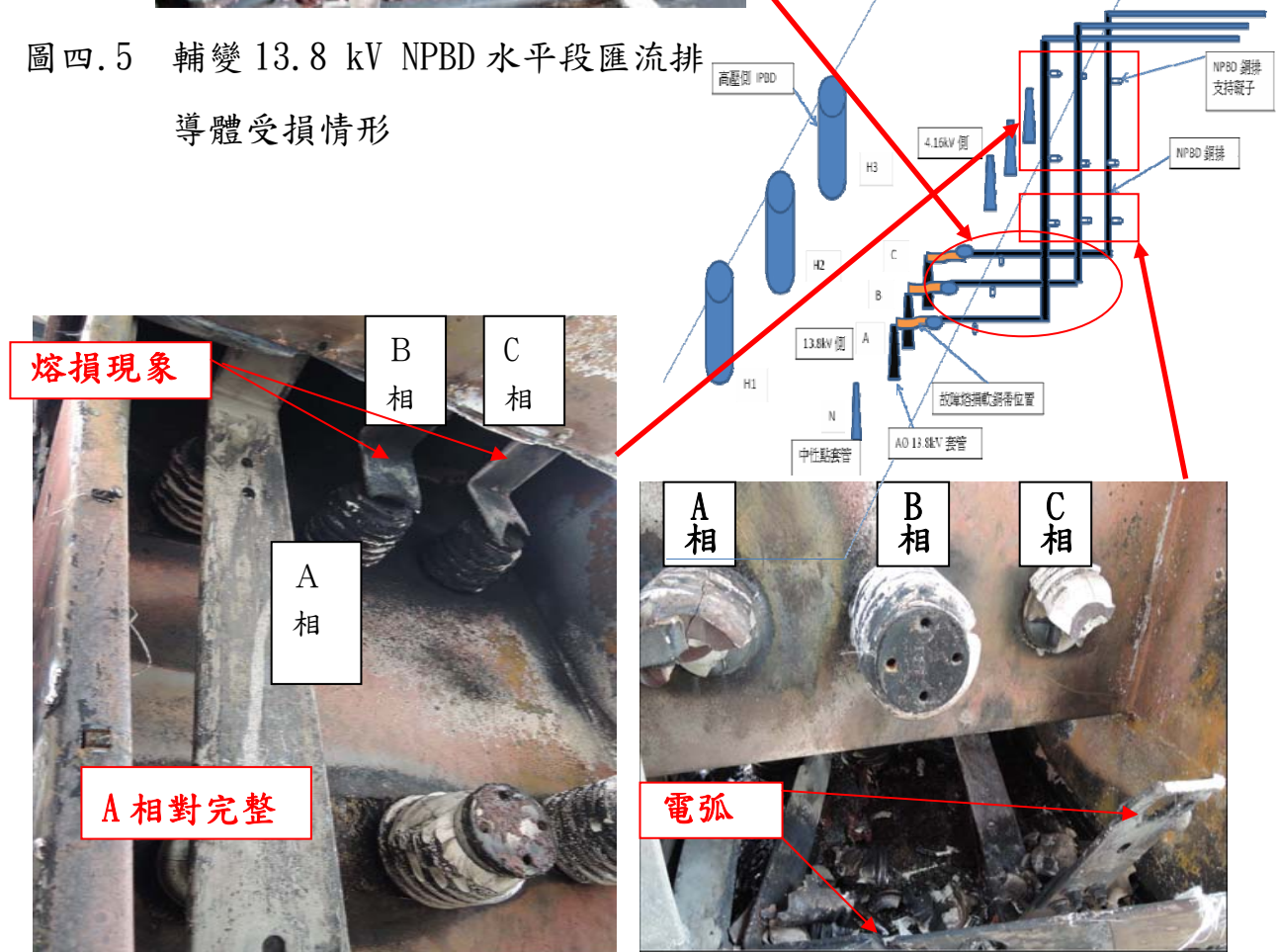


圖四.4 輔變 13.8 kV NPBD 內 A 相水平第 1 個礙子受損情形

6. 輔變 13.8 kV NPBD 內 A 相匯流排導體在水平第 1 個礙子後熔斷。A、B、C 相匯流排導體有電弧凹痕，如圖四.5 所示。
7. 輔變 13.8 kV NPBD 內 B、C 相匯流排導體受電弧短路影響，在垂直段第 3 個礙子處熔斷並發現有電弧凹痕，A 相匯流排導體在垂直段保持相對完整，如圖四.6 所示。

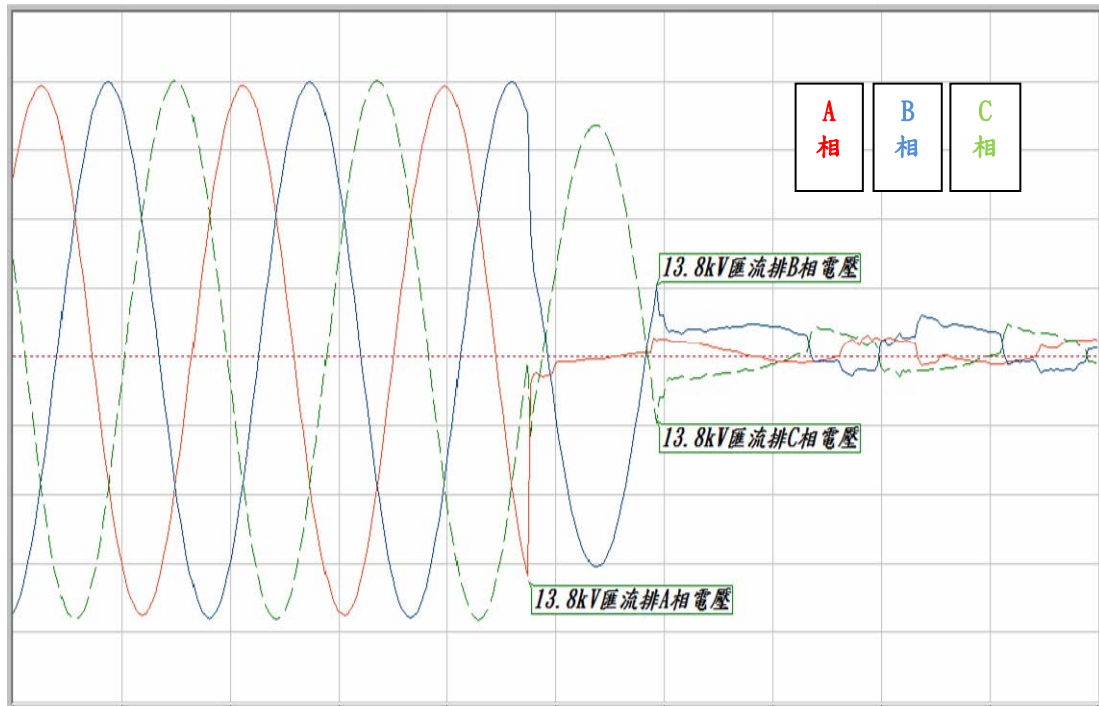


圖四.5 輔變 13.8 kV NPBD 水平段匯流排導體受損情形



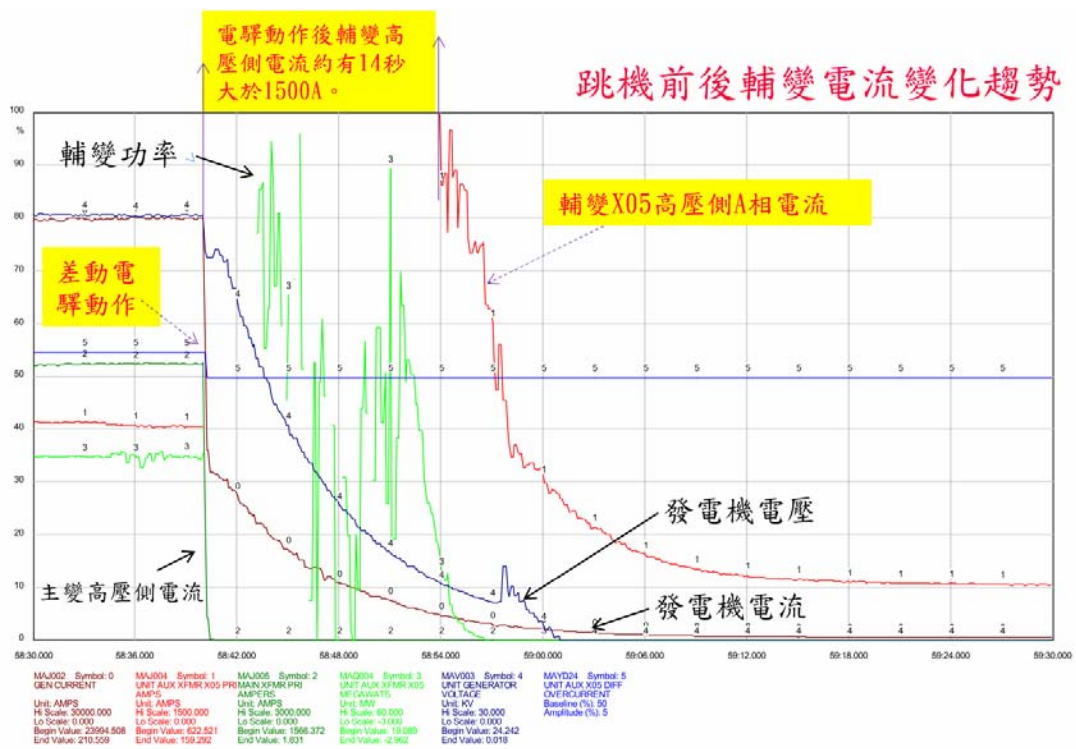
圖四.6 輔變 13.8 kV NPBD 垂直段匯流排導體受損狀況

8. 事件期間反應器冷卻水泵(RCP)I₂記錄器記錄的輔變 13.8 kV 三相電壓波形如圖四.7 所示。A 相電壓波形最先下降至趨近於 0 電位(之後再回升至約 2 kV 成不規則變化)，經半週波後，B、C 相亦降低。

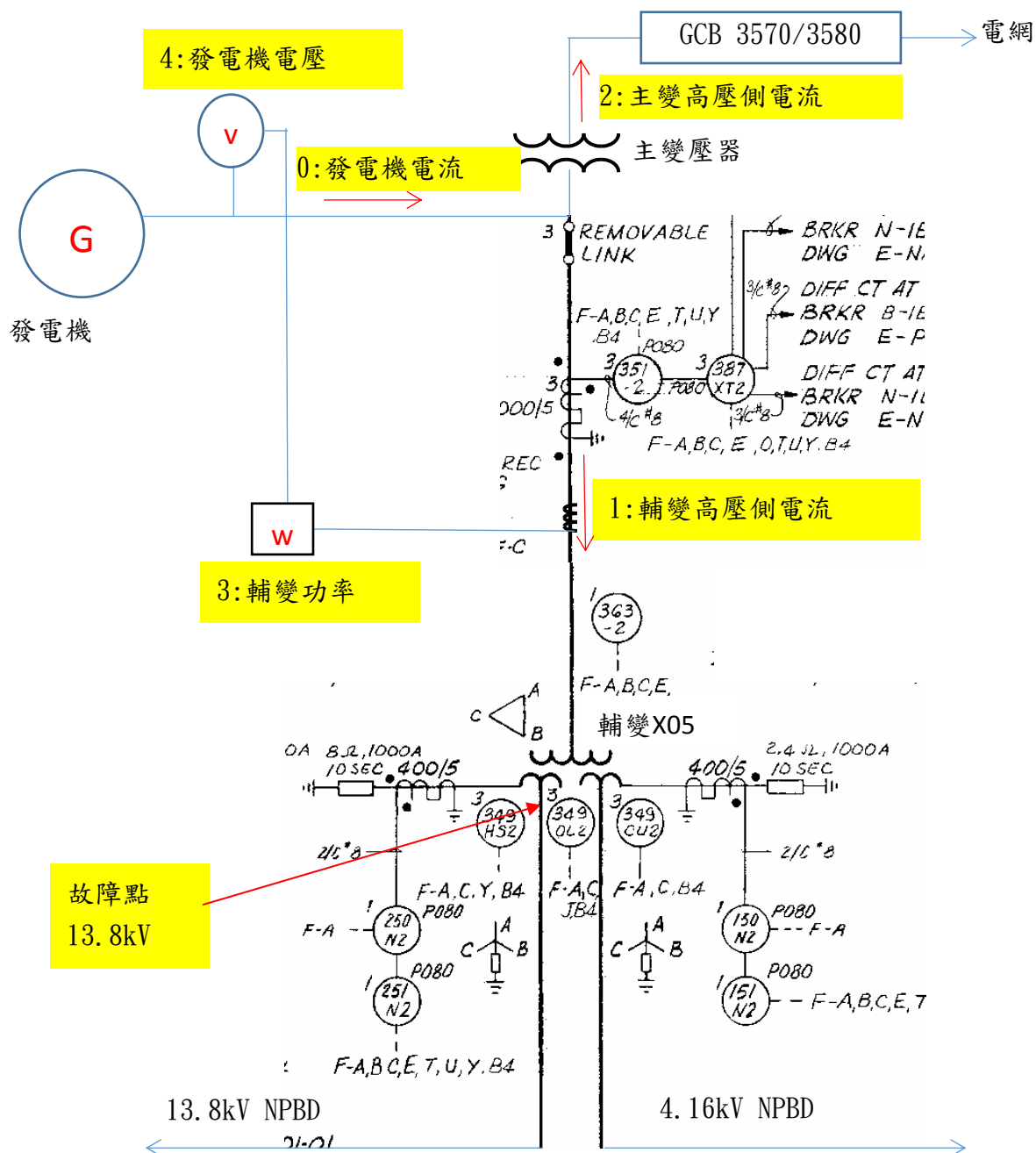


圖四.7 輔變 13.8 kV 三相電壓波形

9. 事件前後核三廠 ERF 電腦記錄之相關電壓、電流、電驛動作波形，及參數來源點如圖四.8 與圖四.9 所示。



圖四.8 事件前後相關電壓、電流、電驛動作波形



圖四.9 參數來源點

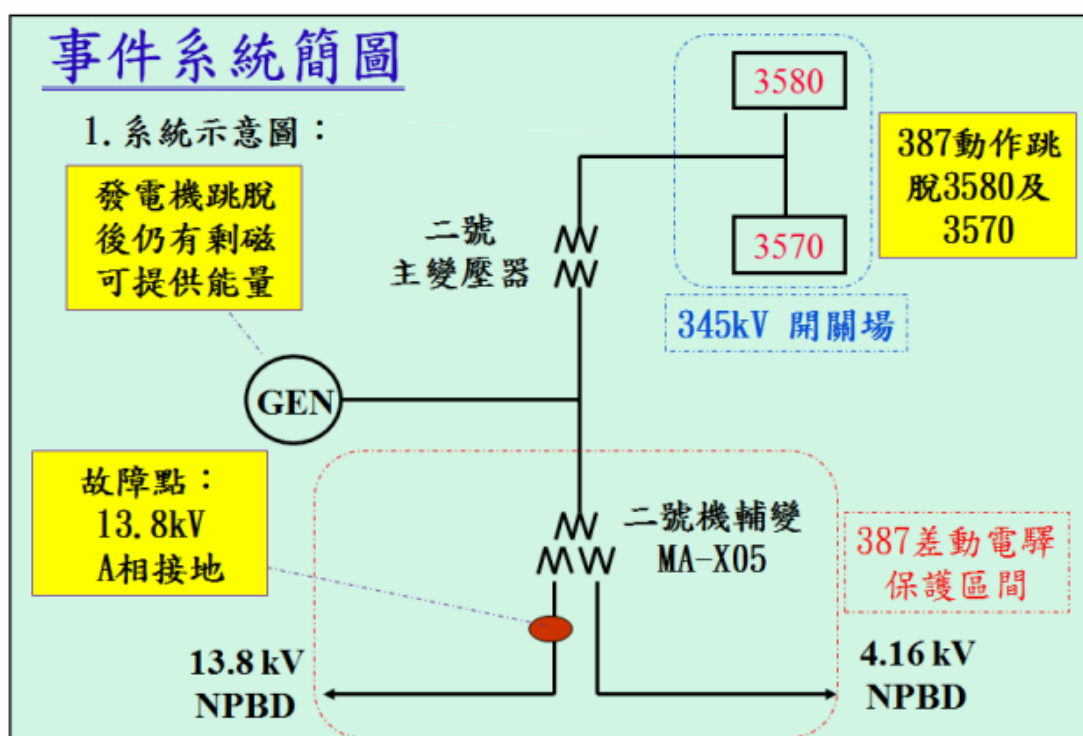
參見圖四.8，事件時差動電驛動作(淺藍色曲線)，跳脫 345 kV 斷路器 (GCB 3570、3580)隔離電網系統，主變壓器高壓側電流(深綠色曲線)瞬間降至 0，顯示電驛與斷路器動作正常。

差動電驛動作後，輔變 MA-X05 功率(淺綠色曲線，全幅為-3~60 百萬瓦)於事故期間功率劇烈變化，台電公司推測當時電弧各處閃

絡，熄弧又點弧，因此功率激烈的變化。

差動電驛動作後，發電機電壓(深藍色曲線，全幅為 0~30 千伏特)與發電機電流(棕色曲線，全幅為 0~30 千安培)緩慢下降，約 20 秒後發電機電壓、電流才趨近於 0。台電公司說明其差動電驛動作後，發電機勵磁斷路器開啟，但因發電機仍有很大之慣性及剩磁，故電壓、電流不會立即降至 0。

事件前輔變高壓側電流(紅色曲線，全幅為 0~1,500 安培)約 600 安培。差動電驛動作後，輔變電流突昇至大於 1,500 安培持續 14 秒，再經約 4 秒降至 600 安培，然後緩慢下降。台電公司說明係因發電機之慣性及剩磁效應，故發電機持續有殘餘電壓、電流輸出，提供了輔變 13. kV 側之故障電流，事件系統簡圖如圖四.10 所示。



圖四.10 事件系統簡圖

針對上述台電公司之說明，由於發電機殘餘電壓、電流提供後續破壞之能量，因此本會請台電公司考量改善發電機殘餘電壓、電流所

造成的影響(如增加發電機輸出斷路器之可行性)。台電公司回覆核三廠在 90 年即曾請 ABB 公司台灣技師到廠勘查評估裝設發電機輸出斷路器的可行性，但囿於影響層面大，且有安裝及維護上的困難，故評估為不可行。

本項台電公司之答覆已說明專業廠商評估增設發電機輸出斷路器之可行性結果。

10. 根據核三廠 ALARM TYPER 紀錄，輔助變壓器 MA-X05 故障後，差動電驛及過電流電驛跳脫時間如表四.1 所示。

表四.1 電驛動作時序

23:58:41	MAYD24	UNIT AUX X05 DIFF OVERCURRENT	ACTUATE
23:58:42	MAYD26	UNIT AUX X05 PH OVERCURR HV SIDE	ACTUATE

台電公司說明保護電驛分別於 23:58:41 動作三相差動電驛 387XT2 及 23:58:42 動作 A 相過電流電驛 351-2，因相差 1 秒動作，因此本會要求補充說明保護電驛動作是否符合原設計要求，以及其他電驛是否有動作亦請一併補充。

台電公司答覆 23:58:41 三相差動電驛立即動作跳脫 345 kV 開關場斷路器 (GCB 3570 及 3580)，隔離由電力網提供之故障電流，之後因發電機慣性及剩磁效應，使發電機持續提供輔助變壓器 13. kV 側故障電流。由圖四.8 顯示差動電驛動作後，發電機電流(棕色曲線)仍有約 9,900 安培($30,000 \times 0.33$)，換算比流器(CT)二次側有 24.75 安培($9,900 \times 5 \div 2,000$ (匝比))，此約為過電流電驛設定值 5 安培之 4.95 倍。比對 103 年 4 月大修電驛試驗紀錄，在 5 倍之情況下，過電流電驛動作時間約為 1 秒鐘，因此差動電驛及過電流電驛動作時間相距 1 秒符合要求。

有關僅過電流電驛 351-2 A 相掉牌，而 B、C 相未掉牌部分，台電公司澄清 B 相及 C 相過電流電驛動作接點有閉合，因此有動作。但因 A 相電驛動作後，線路設計使得 B 相及 C 相掉牌線圈上下游電位差很小，導致通過電流很小，因此沒有掉牌。核三廠實際手動模擬使 A 相先動作掉牌，再作動 B、C 相時，B、C 相無法再掉牌，證實設備動作特性。另台電公司亦說明輔助變壓器 13.8 kV NPBD 發生接地故障時，其接地過電流瞬時電驛 250N 也同時動作，符合設計要求，但 250N 電驛未列入電腦點，因此未有紀錄。台電公司之答覆說明經審查可以接受。

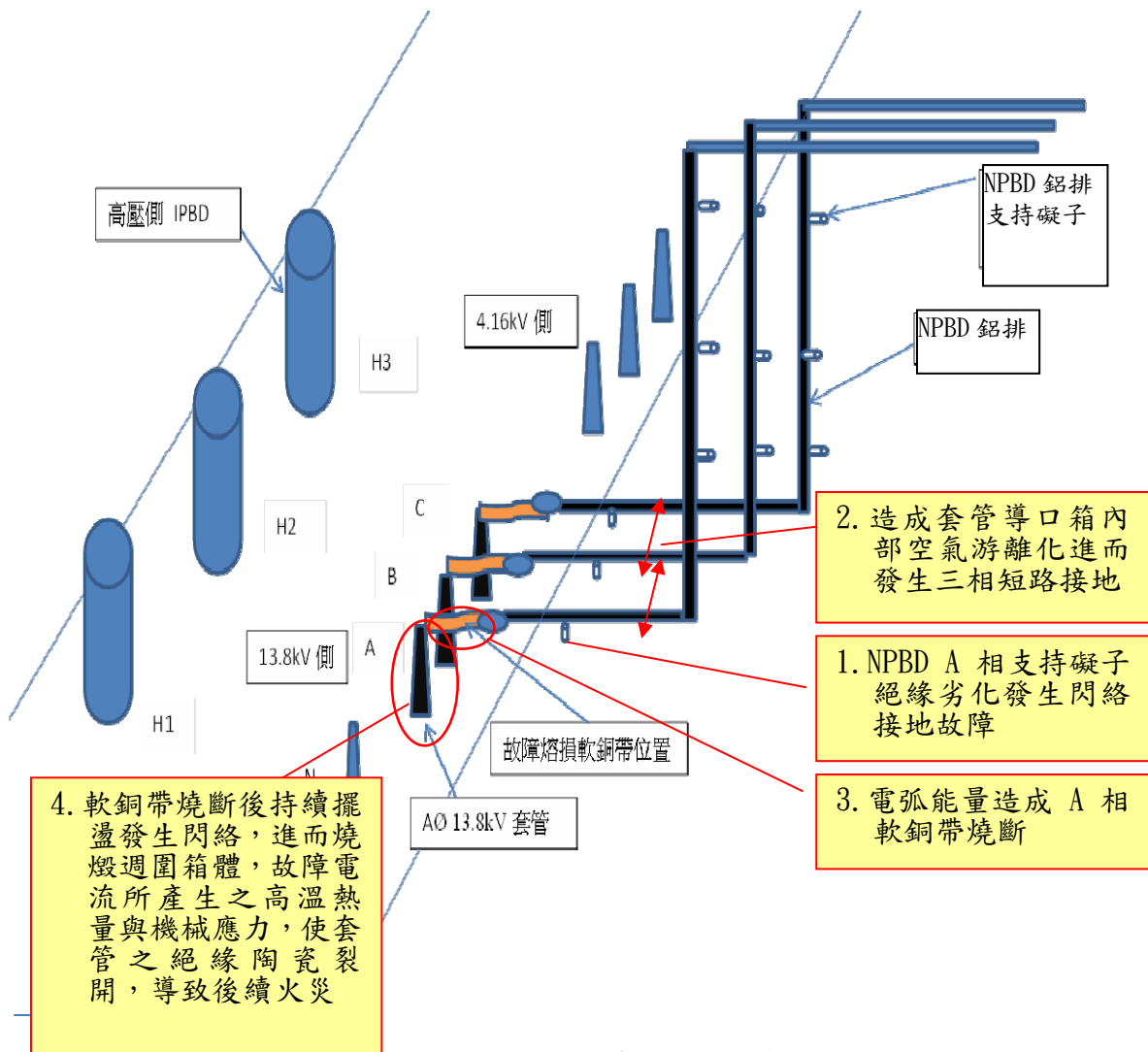
綜合上述，台電公司已釐清本事件發生時，相關保護電驛之動作，符合設計要求，故本項經審查可接受。

(二)事件過程推演與肇因釐清

根據前述輔變 13.8 kV 導口箱靠近 A 相之外殼熔損(圖四.2)、A 相電壓波形最先下降至趨近於 0 電位(圖四.7)及其他現場勘驗跡證，台電公司研判輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 導口箱 A 相導體與鄰近之 NPBD 外殼先發生閃絡故障，為事件起始點。由圖四.7 顯示其後 A 相電壓再回升至約 2 kV 成不規則變化，以及現場勘查 A 相匯流排水平第一個支持礙子後段被熔斷(圖四.5)，推測軟銅帶在 A 相故障之初尚未熔斷。待電弧能量造成 A 相軟銅帶燒斷，因軟銅帶持續擺盪發生閃絡，進而燒燬週圍箱體，最終將 A 相周邊箱體燒出大洞，同時故障電流所產生之高溫與機械應力或支持礙子碎片撞擊，使得 A 相套管之絕緣陶瓷裂開。變壓器儲油槽之位置較套管高，因此絕緣油經由套管陶瓷裂縫流出被閃絡之高溫引燃，導致後續火災之產生。

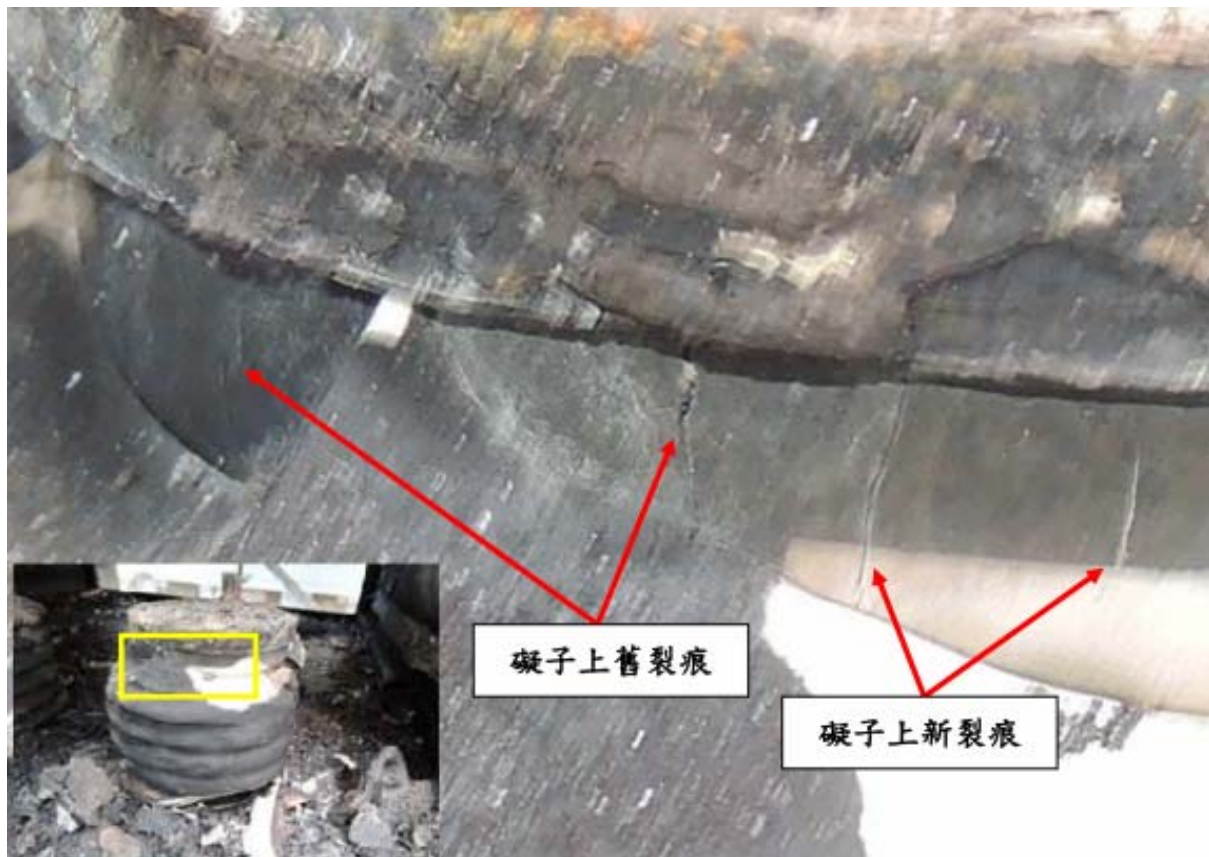
A 相故障閃絡後，經半週波時間(約 8.3 毫秒)，B、C 相電壓亦下降呈不規則變化，推測 A 相閃絡使得導口箱內部空氣游離化，因此 B、C 相絕緣

降低，進而發生三相短路接地。輔變 MA-X05 差動電驛 387XT2 偵測到保護區間內電流不平衡後，動作跳脫發電機輸出斷路器(GCB 3570、3580)，隔離 345 kV 電網系統，同時跳脫主汽機及主發電機。事件過程請參考圖四.11 所示。



圖四.11 事件過程簡圖

再經台電公司專案調查小組檢視結果，發現 13.8 kV NPBD 內 A 相水平第 1 顆支持礙子表面有舊、新裂痕，如圖四.12 所示，舊裂痕的顏色較深，新裂痕的顏色較淺，因此研判本次事件肇因為輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 非隔相匯流排 A 相水平支持礙子絕緣劣化所致。



圖四.12 礙子上之舊、新裂痕

經台電公司綜合研究所使用 X 光檢視事件礙子並比對同型礙子結果，發現事件礙子陶瓷材料內部存有微小瑕疵缺陷。另由礙子外部第 1 層陶瓷傘裙剝離及內部水泥粘接劑材料外露燻黑(見圖四.4)，研判第 1 層陶瓷傘裙在事件前已剝離，造成礙子沿面距離縮短，絕緣劣化，終至礙子發生閃絡接地故障，電弧高溫使水泥粘接劑材料被燻黑，接地短路後產生電弧轉為熱能，導致傘裙之間相互熔合，舊裂縫水泥粘接劑及陶瓷傘裙崩裂迸出，致使電弧閃絡更嚴重。台電公司並說明事件礙子為陶瓷型，材料穩定、不易老化。其安裝使用於輔助變壓器 13.8 kV NPBD 外殼內，不易受到外界環境污染或外界撞擊機械力之影響，且電廠正常運轉中負載穩定，無循環性之熱脹冷縮，不易產生熱疲勞現象。事件礙子陶瓷材料內部出現之微小瑕疵缺陷，研判可能係原料混入雜質或拌料不均勻之製造瑕疵，在運轉中發

展成裂紋，進而導致事件的發生。

上述台電公司根據現場事證與紀錄提出之故障肇因經評估尚屬合理，台電公司報告內亦提出其他可能性（如水分結露及水分入侵、A 相套管絕緣劣化、以及 A 相套管、軟銅帶及 NPBD 間接續面處理不佳等），並說明可以排除，非為故障原因。本會要求需有合理論述及證據佐證，尤其針對非 A 相套管絕緣劣化之論述需特別澄清。台電公司已針對各可能性加以評估，論證如何排除非為故障原因，並修訂「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告內容，經審查可以接受。

五、核三廠修復計畫

核三廠修復計畫之範圍主要為受損組件更換，以及針對二號機輔助變壓器 MA-X05 25 kV IPBD 及 4.16/13.8 kV NPBD 等進行測試，以確認設備恢復正常可用。

（一）受損修復項目如下：

項目	數量	單位	執行下列檢查以驗證設備可用
1. 輔變 MA-X05 13.8 kV NPBD 外殼受損	6	公尺	(1)更新受損 NPBD 之外殼、支撐礙子、鋁排。 (2)匯流排絕緣電阻量測。 (3)匯流排內阻量測。 (4)匯流排鎖磅及量測接觸電阻值。 (5)檢查 NPBD Bus 支撐礙子。 (6)檢測空間加熱器。 (7)匯流排介質電力因數(P.F.)量測。 (8)匯流排 Hi-Pot 量測。
2. 輔變 MA-X05 13.8 kV NPBD 支撐礙子受損	24	只	
3. 輔變 MA-X05 13.8 kV NPBD 鋁排受損	24	公尺	
4. 輔變 MA-X05 4.16 kV NPBD 外殼受損	6	公尺	

			(9)內部清潔及電暈檢查。 (10)清除填充泥並更換為絕緣套。
5. 輔變 MA-X05 13.8 kV 側相間套管受損	3	只	(1)更新受損之套管。 (2)檢查套管是否有破裂。 (3)檢查套管基座是否有銹蝕。 (4)檢查套管箱的密封是否良好。 (5)檢查套管擦拭清潔。 (6)套管絕緣量測。 (7)套管介質電力因數(P.F.)量測。
6. 輔變 MA-X05 13.8 kV 側中性點套管受損	1	只	(1)受損之表面處理後，再重新塗裝。 (2)IPBD Bus 絕緣量測。
7. 主發電機 IPBD 外箱及 工作平台表面塗裝受損	30	公尺	(1)受損之表面處理後，再重新塗裝。 (2)檢查基礎螺栓是否完整，有無鬆動。 (3)檢查本體的外觀是否有漏油。 (4)檢查本體的外觀是否有銹蝕。 (5)檢查本體上方(含控制箱)是否有積水。
8. 輔變 MA-X05 本體表面 塗裝受損	1	台	(1)受損之表面處理後，再重新塗裝。 (2)檢查散熱器、管線及油閥無漏油銹蝕。 (3)檢查散熱器及支撐架等固定螺栓完整無鬆動。 (4)目視檢查全部風扇葉片無龜裂。 (5)檢查風扇馬達軸承及檢查
9. 輔變 MA-X05 散熱器表 面塗裝受損	5	組	

			葉片耦合器，確認無異音及耦合正常。
10. 輔變 MA-X05 接地電阻器表面塗裝受損	2	組	(1)受損之表面處理後，再重新塗裝。 (2)檢查支撐礙子是否清潔。 (3)檢查 13.8 kV 電阻器的電阻量測。 (4)檢查 4.16 kV 電阻器的電阻量測。
11. 輔變 MA-X05 保護設備再檢查測試 (1)漏油檢測器*1 (2)釋壓裝置*1 (3)溫度表*4 (4)油位計*1 (5)布氏電驛*1	8	組	(1)執行變壓器配線及電纜絕緣量測。 (2)執行變壓器保護設備警報、跳脫及控制測試。
12. 輔變 MA-X05 套管比流器再檢查測試	11	只	(1)執行套管比流器絕緣量測。 (2)執行套管比流器內阻量測。

(二)測試/確認項目如下：

1. 確認輔變 MA-X05 25 kV IPBD 內部正常，絕緣正常。
2. 確認輔變 MA-X05 4.16 kV 套管導口箱內部正常，絕緣正常。
3. 確認輔變 MA-X05 13.8 kV NPBD 廠房內部防火填封完整，廠房內區段 NPBD 組件未受本次事件影響。
4. 輔變 MA-X05 13.8 kV NPBD 進入汽機廠房前水平區段之 4 公尺水平區段封體拆解清潔；12 個礙子目視檢查正常，並執行交流絕緣耐壓試驗。導體重新包覆熱縮套管，以 40±5 ft-lb 鎖磅。
5. 輔變 MA-X05 軟銅帶更換、進行綜合試驗(含繞組變形測試)、絕緣電阻量測、交流耐壓試驗、介質電力因數試驗、遞升加壓測試、消

防噴灑測試。

6. 水平展開至二號機輔變 MA-X04、161 kV 起動變壓器 MC-X03、345 kV 起動變壓器 MC-X01 之 NPBD，執行絕緣電阻試驗、交流耐壓試驗、介質電力因數試驗。
9. 水平展開至二號機輔變 MA-X04 及備用輔變執行遞升加壓測試。

(三)核三廠已釐清受損設備範圍，完成組件更換及相關測試，並平行展開對二號機其他變壓器 NPBD 進行測試，確認設備正常可用，台電公司修復結果經評估可以接受。

六、原能會事件處理

(一)管制過程

1. 4 月 27 日起持續由駐廠視察員了解電廠動態及處理情況。
2. 4 月 29 日邀集台電公司至本會對此事件作說明，包括事件經過、事件相關系統設備、事件發生前後系統參數紀錄、現場勘驗設備受損狀況、故障研判、後續維修檢查計畫、目前輔變維護保養說明、改善對策等。由於會議上台電公司僅說明故障原因為輔助變壓器 13.8 kV A 相電弧閃絡瞬間接地，故障點與肇因尚未完全釐清，因此本會要求如下：
 - (1)事件發生之肇因目前尚待進一步釐清，應再補足相關論述與證據，提送正式報告給本會。
 - (2)報告應注意相關設備與紀錄圖表，需有適當標示或說明，清楚可讀且組件名稱須統一。
 - (3)有關二號機輔助變壓器 MA-X05 測試結果未受損傷之論述，需將使用之程序書與接受標準明確列出，並提供 MA-X05 過去所有之

檢修紀錄及設計變更 (DCR)。

(4)後續報告對於肇因之清查應有清楚之論述，並說明國、內外類似案例及改善經驗回饋，包括核三廠之維護方式與廠家建議維護方式及業界維護方式之檢討比較（例如低壓套管、軟銅帶及礙子之更換週期等）。

(5)有關事件經過說明中，MA-X05 保護電驛分別於 23:58:41 動作三相差動電驛 387XT2 及 23:58:42 動作 A 相過電流電驛 351-2，因相差 1 秒動作，請補充說明保護電驛動作是否符合原設計要求；其他電驛是否有動作亦請一併補充說明。

3.4 月 30 日本會視察團隊至核三廠現場查證，與電廠第一線工作人員討論故障原因、輔助變壓器維護保養機制、廠家說明書之保養事項等，視察過程如圖六.1、六.2、六.3、六.4 所示。視察團隊請核三廠提供近三年之維護保養紀錄進行查證：

- 700-E-099「非隔相匯流排維護作業程序書」
- 700-E-119「輔助變壓器定期檢查程序書」
- 700-E-120「輔助變壓器大修檢查程序書」



圖六.1 核三廠簡報事件內容與維護作業



圖六.2 視察團隊至事件現場查看



圖六.3 視察團隊檢視受損設備



圖六.4 視察團隊與第一線工作人員討論

5月1日視察團隊再參加台電總公司與核三廠之視訊會議，聽取台電公司最新故障研判結果，如圖六.5所示。



圖六.5 視察團隊聽取台電公司內部故障討論會議

根據視察團隊查證結果，核三廠輔助變壓器例行檢查項目如下：

- (1)輔助變壓器每個月依程序書 700-E-1000.3「變電設備維護表格管制」執行檢查，檢查內容包括：油溫、油位、繞組溫度、儲油箱、本體外箱及配件、洩漏偵測器等。
- (2)輔助變壓器每三個月依程序書 700-E-119「輔助變壓器定期檢查」執行檢查，檢查內容包括：油溫、高/低壓線圈溫度、本體及冷卻風扇運轉情形、高/低壓套管箱等。
- (3)輔助變壓器每次大修（18 個月）依程序書「700-E-120 輔助變

壓器大修檢查」進行細部分解檢查及量測電氣特性，如高/中/低壓側套管及引線檢查、變壓器本體、儲油槽、呼吸器、散熱器檢查、變壓器配線及電纜絕緣量測、保護設備檢查測試、接地線檢查量測、接地電阻器檢查量測、套管絕緣檢查、線圈綜合量測、絕緣油絕緣量測等。

有關輔助變壓器廠家說明書中套管之維護項目與核三廠維護程序書之比對，視察團隊查證結果如下：

- (1)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 1 項「Measurement of insulation resistance」可以對應維護程序書 700-E-120 第 6.15.1 節「線圈綜合量測」之絕緣電阻量測(測試電壓 2.5 kV)。
- (2)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 2 項「Measurement of $\tan \delta$ 」可以對應維護程序書 700-E-120 第 6.15.1 節「線圈綜合量測」之介質電力因數量測。
- (3)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 3 項「Inspection of terminal and bushing top shield. Check for loose connection or change in color」可以對應維護程序書 700-E-120 第 6.1.1 節「套管是否有過熱跡象或變色」、第 6.1.5 節「套管箱密封是否良好」、第 6.10.2 節「引線接頭螺栓鎖緊核測」、第 6.10.3 節「引線接頭接觸電阻量測」。
- (4)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 4 項「Check for contamination and damage of procelain」可以對應維護程序書 700-E-120 第 6.1.2 節「套管是否有放電痕跡」、第 6.1.4 節「套管基座是否有銹蝕」、第 6.1.6 節「套管擦拭清潔」。
- (5)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 5 項「Check for oil leak」可以對應維護程序書 700-E-120 第 6.1.3 節「套管是否有破裂」。

(6)廠家說明書中套管(Bushing)維護第 6 項「Check oil level, if provided」，因核三廠之套管是陶瓷式非油浸式，故本項次不適用。

依據前述兩項視察團隊查證結果，可以確認核三廠已依廠內程序書執行非隔相匯流排及輔助變壓器之例行檢查項目，其中套管部分之維護項目則與廠家說明書相當。惟視察發現 700-E-099「非隔相匯流排維護作業程序書」有維護紀錄登載不周全之情事，本會已開立注意改進事項(編號 AN-MS-104-004-0)，請核三廠檢討改善，內容如附件一。

4.5 月 8 日台電公司再度至本會作綜合說明，說明事項包括：機組動作序列正確性評估、事件發生肇因、改善措施、機組再起動安全性評估、其他補充說明事項等。由於台電公司對事件之論述仍未完整，因此本會要求再補充與說明以下事項：

- (1)補充 ERF 曲線之解釋、輔變低壓側 13.8 kV 受損組件之說明、事件模擬分析之說明、排除非為肇因之論述、絕緣礙子各部分組件之圖示等。
- (2)說明 NPBD 匯流排之材質(銅排或鋁排)及匯流排上礙子數量與分布情形。
- (3)說明原廠之品保制度及其為何未能檢出該礙子之製造瑕疵。
- (4)明確說明現有檢測方式能否檢出該瑕疵而予事前預防。
- (5)詳述 IEEE C37.23-2003 之絕緣電阻量測、AC 耐壓試驗及介質電力因數試驗之測試方式，並說明現有檢測方式能否涵蓋此等測試，同時就此作一比較表。
- (6)將原廠家建議之維護方式列入核三廠與業界維護方式之比較表。

- (7) 業界經驗部分請再補充國內、外礙子故障引起事故之經驗。
- (8) 說明原 NPBD 礙子之靜電容量、閃絡電壓(Flash over voltage)及漏洩距離(Leakage distance)。
- (9) 說明是否所有礙子均有執行 HI-POT test，及執行本項測試是否可確保不會發生類似之製造瑕疵再引發事故。製造瑕疵為共因失效機制之一，若有未執行本項測試之礙子如何避免其失效。
- (10) 應明確說明在未更新 NPBD 前，如何防範類似之製造瑕疵再引發事故（如增加紅外線偵測、部分放電測試等）。
- (11) 本次事件除礙子接地故障外，發電機殘餘電壓亦提供後續破壞之能量，要求考量改善發電機殘餘電壓所造成的影響(如增加發電機輸出斷路器)。

5. 5 月 11 日台電公司針對 4 月 29 日本會所提意見，正式提出答覆，其重要項目分述如下：

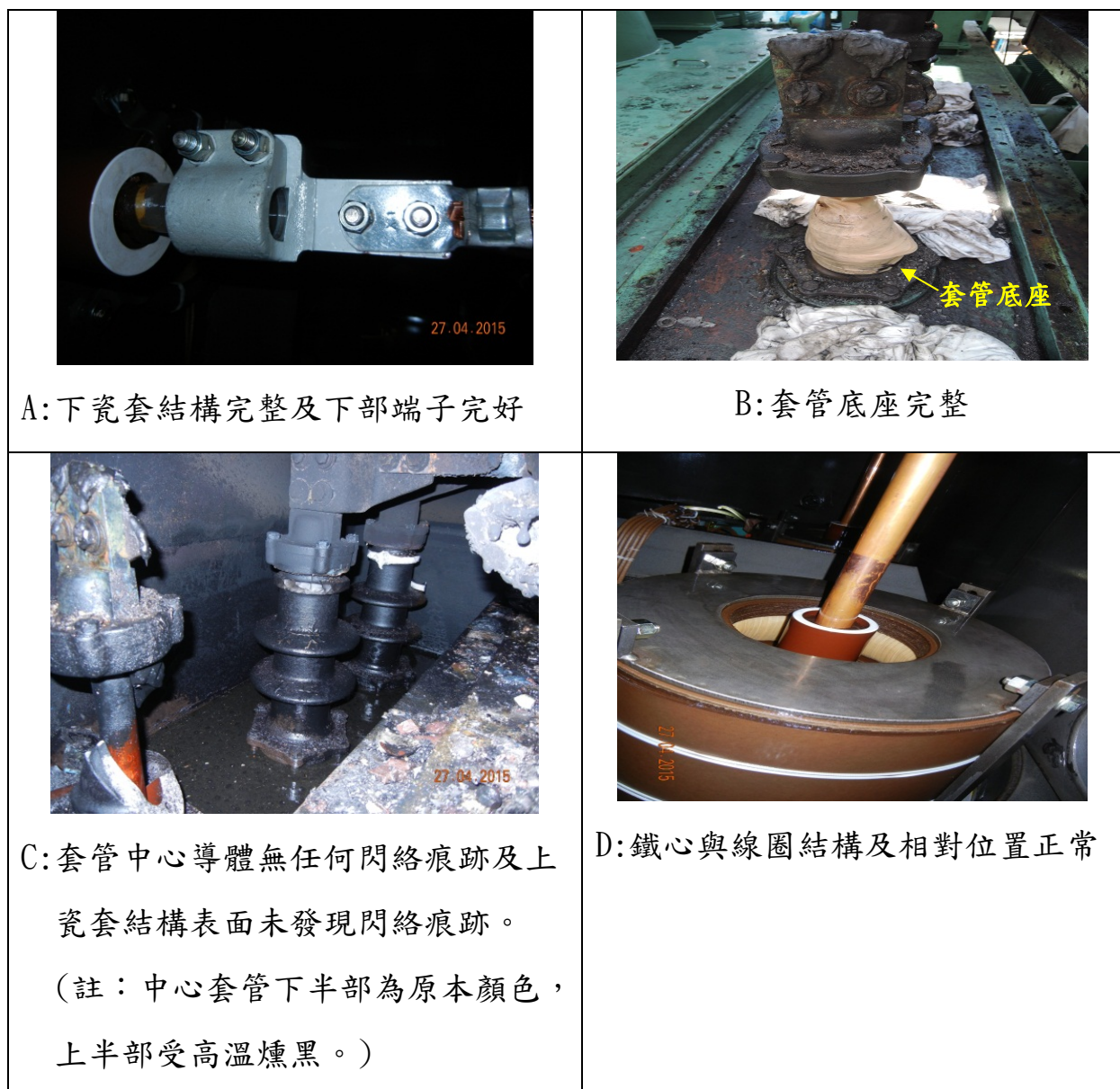
- (1) 有關事件肇因之論述與證據補足，設備與紀錄圖表增加標示或說明，台電公司答覆將遵照辦理。
- (2) 有關輔助變壓器 MA-X05 測試結果未受損傷，本會要求提出程序書與接受標準，台電公司答覆係依據核三廠程序書 700-E-120「輔助變壓器大修檢查程序書」執行檢查並判定結果。根據檢查紀錄顯示輔助變壓器 MA-X05 符合程序書接受標準，另額外完成遞升加壓測試，確認輔助變壓器 MA-X05 正常，答覆內容經審查可以接受。
- (3) 有關輔助變壓器 MA-X05 之設計變更(DCR)、故障請修單、大修檢修等歷史紀錄，台電公司清查結果，MA-X05 共有 7 件設計變更，主要為增設控制迴路喪失 125 Vdc 電源之偵測及警報功能、增設 49 電驛之指示燈及隔離開關、增設照明、錶頭改為數位式

等。故障請修單共 19 件，主要為風扇故障、管路漏油、接線盤面損壞…。大修檢修紀錄顯示輔助變壓器 MA-X05 過去曾更換貯油槽呼吸器矽膠、變壓器人孔迫緊、4.16/13.8 kV 套管、風扇馬達軸承…。經檢視前述設計變更(DCR)、故障請修單、大修檢修等歷史紀錄，與本次事件沒有關連性，答覆內容經審查可以接受。

6.5 月 12 日台電公司針對 5 月 8 日本會所提意見，正式提出答覆，其重要項目分述如下：

- (1)台電公司綜合研究所對事件進行模擬分析，並與事件時相關參數圖形紀錄進行驗證比對，本會要求需再詳細說明內容。台電公司答覆假設 A 相瞬間短路接地閃絡，半週波後發生三相電弧性短路故障，模擬結果故障電壓波形與圖四.7 一致，可以驗證事件發生之故障推論合理。其次模擬 A 相接地故障且 0.1 秒故障清除之電流波形，經比對圖四.7 之電壓波形，得到 A 相瞬間短路接地閃絡阻抗約 0.28 歐姆以下，才能獲得與事件一致之 A 相電壓，依結果顯示，單相故障電流約在 1,750 安培內。台電公司答覆內容經審查可以接受。
- (2)本次輔助變壓器故障火警後，台電公司曾初步提到故障可能為 A 相套管絕緣劣化，其後卻又排除此一肇因，因此本會要求再補充相關之論述。台電公司說明若為 A 相套管處發生短路接地，則套管本體表面應要發現閃絡痕跡，事故後現場勘驗套管上部瓷套破裂面傷痕均為新的，而 A 相套管內導體、底座、下瓷套、下部端子均無閃絡痕跡，研判 A 相套管是受到故障電流之熱應力及機械應力所破壞，判斷此處並非故障起始點。其次依據現場 A 相第一個支持礙子後段匯流排導體被熔斷(參見圖四.5)，

若故障點在套管，則故障電流會經由套管外殼對箱體閃絡分散，匯流排導體不致被熔斷。再從現場觀察結果，下瓷套結構完整、端子完好(圖六.6 A)、套管底座完整(圖六.6 B)、上瓷套結構表面未發現閃絡痕跡(圖六.6 C)、鐵心與線圈結構及相對位置正常(圖六.6 D)等證據佐證並非 A 相套管絕緣劣化所致。台電公司答覆內容經審查可以接受。



圖六.6 非 A 相套管絕緣劣化之佐證照片

(3)有關 13.8 kV NPBD 匯流排導體之材質，台電公司說明為鋁排。

4. 16 kV NPBD 匯流排是採用絕緣電木支撐，不使用礙子。13.8 kV NPBD 戶外三相共有 37 顆礙子，其中 A 相與套管相接之水平段有 1 顆礙子，垂直段有 3 顆礙子，進入廠房前水平段有 8 顆礙子，此部分之回覆沒有意見。

(4) 本會要求說明原廠之品保制度，以及為何未能檢出事件礙子之製造瑕疵。台電公司答覆礙子原供應廠家是 GOLDENGATE，目前已結束營業，以國內礙子生產廠商而言，礙子出廠前皆須逐一進行外觀與構造檢查，同時通過絕緣電阻測試。而台電公司對礙子之品管包含驗收(500 個為一組，隨機抽 5 個進行外觀與構造檢查，若有任一項檢查項目不合格，即視為該組全數不合格，並擊破其中 1 個檢視內部構造是否含氣泡及裂縫)、試驗(500 個為一組，隨機抽 15 個進行乾燥耐壓試驗、濕式耐壓試驗及衝擊電壓試驗，若有任一項檢查項目不合格，即視為該組全數不合格)。台電公司說明礙子之採購作業，廠商需依採購規範之品質要求製造生產，台電公司亦有前述之驗收、試驗程序，因此若礙子製造過程有內在缺陷，絕大部分可經由出廠品管試驗及台電公司品管程序予以剔除，然而仍可能有極少數礙子缺陷難以檢出，台電公司答覆內容經審查可以接受。

(5) 本會要求說明礙子在使用期間之檢測方式，以及是否應檢出瑕疵而可事前預防。台電公司答覆依照廠內程序書每次大修均執行絕緣電阻量測，然而因採用 2.5 kV 電壓等級，因此僅可量測到礙子表面髒污及附著濕氣，無法有效偵測內部瑕疵之礙子。參考國外電力業者(EXELON)經驗，執行交流耐壓試驗(HI-POT)可以有效檢出絕緣劣化的礙子，測試有效期約 6~8 年，因此台電公司檢討結果，已於此次二號機停機期間，針對修復之 NPBD

區段，執行額定電壓(13.8 kV) 2.2 倍之 HI-POT 測試，其他二號機 NPBD 區段則採用額定電壓 1.1 倍之 HI-POT 測試，確認二號機所有礙子絕緣正常。另此次二號機停機期間，亦執行介質電力因數(Power Factor)試驗，並建立基準資料，將作為匯流排絕緣性能趨勢分析之用。台電公司答覆內容經審查可以接受。

- (6)本會要求台電公司說明廠家建議之維護方式、核三廠維護方式，及業界維護方式之比對結果。台電公司列表比對廠家說明書與核三廠程序書 700-E-099 維護項目，比對結果可以符合。有關業界維護方式，台電公司蒐集美國電力研究院(EPRI)報告、美國電力公司 EXELON 匯流排維護策略、2009 年 8 月哥倫比亞核電廠 6.9 kV 非隔相匯流排故障事件、2013 年 12 月 Arkansas Nuclear One (ANO) Unit 2 輔變保護電驛故障事件，將其維護項目與廠內程序書做比對，針對尚有不足之檢查維護項目，核三廠將納入程序書內容執行。台電公司答覆內容經審查可以接受，針對核三廠承諾將目前程序書與業界維護方式比對不足之處納入，本會將由管制追蹤案，追蹤確認核三廠完成改善。

7.5 月 13 日台電公司依「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」第十八條規定，檢送停機事件綜合檢討報告，併附「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告，向本會申請核准二號機再起動。經本會審查報告內容，確認台電公司已釐清核三廠二號機故障急停肇因，完成受損設備復原工作，並提出後續強化改善作法，及時掌握絕緣劣化趨勢並提早因應，審查結果本會於 5 月 14 日 14:00 同意二號機再起動。

(二)後續管制追蹤

本次事件經調查為礙子絕緣劣化引起，為確保機組再起動後能平穩運轉，因此本會要求台電公司提出改善與強化作法，考量事項如下：

1. 運轉期間防範礙子絕緣劣化引發事故之強化作法。
2. 事件相關設備維護作業強化之作法。
3. 平行展開至核三廠一號機之作法。

台電公司考量後，提出後續將參考業界經驗建立維護與測試程序，提早檢出劣化礙子，確保機組運轉期間的安全。長期而言，將考量改善 NPBD 設計方式，以根絕故障原因。另外，一號機 NPBD 亦會於適當時機比照二號機同步進行檢測與改善。台電公司提出之強化作法經評估可以接受，由於改善時程較長，本會將以管制追蹤案，追蹤確認核三廠完成相關之事件改善項目，規劃項目如下：

1. 非隔相匯流排定期(每 6~8 年)執行交流耐壓試驗，納入核三廠程序書。
2. 定期(每週)以紅外線偵測導口箱及非隔相匯流排外殼溫度，直到線上部分放電監測儀裝設完成。
3. 評估非隔相匯流排裝設線上部分放電監測儀，預定二號機 EOC-22、一號機 EOC-23 大修完成。
4. 評估非隔相匯流排設計改善，預定一、二號機 EOC-24 大修完成。
5. 參考工業界標準(如 IEEE C37.23-2003)及業界變壓器/匯流排之維護測試重點項目，納入核三廠程序書執行。
6. 一號機輔助變壓器 MA-X04/MA-X05 及 161 kV 起動變壓器 MC-X02 之非隔相匯流排，於 EOC-23 大修增加執行交流耐壓試驗及介質電力因數試驗。

管制追蹤案(編號 MS-0-10403) 已正式立案，本會將持續追蹤核三廠完成強化與改善，其內容如附件二。

七、結語

針對 104 年 4 月 26 日 23:58 核三廠二號機發生輔助變壓器(設備編號: MA-X05)故障，並引起火警事件，台電公司依本會要求提出「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告，說明其調查結果，本次事件為輔助變壓器 MA-X05 13.8 kV 非隔相匯流排礙子絕緣劣化所致。台電公司報告經本會審查後，認為相關分析與檢測可合理論述此一結果。

在設備修復部分，台電公司已完成核三廠二號機受損設備之修復，並將增加檢測項目，以進一步確保設備之可靠性。本案本會除審查台電公司肇因分析報告外，並赴現場就維護保養、事件肇因等進行查證，經審查及現場查證，「104 年 4 月 26 日核三廠二號機輔助變壓器 MA-X05 故障肇因分析及修復計畫」報告可以接受，本會將持續追蹤核三廠完成承諾之後續改善事項。

附件一 核能電廠注意改進事項 AN-MS-104-004-0

編 號	AN-MS-104-004-0	日 期	104 年 5 月 18 日
廠 別	核三廠	承 辦 人	方集禾 2232-2151

注改事項：有關 4 月 26 日核三廠 2 號機輔助變壓器 MA-X05 故障引起火警，致使主發電機與汽機跳脫、反應器急停。經查相關維護查證紀錄發現有項目登載不周全之情事，請檢討改善。

內 容：

一、4 月 26 日核三廠 2 號機輔助變壓器 MA-X05 故障引起火警並造成反應器急停，本事件肇因係輔助變壓器 MA-X05 之 13.8 kV 非隔相匯流排 A 相水平支持礙子絕緣劣化所致。

二、經查相關維護程序書 700-E-099「非隔相匯流排維護作業程序書」之查證紀錄，發現有項目登載不周全之情事如下列，請檢討改善：

(一) 核三廠 2 號共有二台輔助變壓器（編號 MA-X04、X05），每台變壓器都有二個（13.8 kV 及 4.16 kV）非隔相匯流排（Non-isolated Phase Bus Duct，NPBD）。經查於機組大修維護時僅用一張 NPBD 維護查證表（表 1A）登載維護紀錄，未以一個 NPBD 就使用一份查證表之方式紀錄，亦即查證表一項勾選合格即代表四個 NPBD 皆合格，此屬維護紀錄登載不周全。

(二) 經查 NPBD 維護查證表（表 1A）項目不周全，未完整包含程序書查證步驟，以致無維護紀錄而無法確認其維護狀況，如下列步驟未見於維護查證表：

步驟 6. 6 屋外的匯流排活動外蓋須打開外蓋，清拭內部及檢測匯流排槽及匯流排熱縮套管、塑膠封套等。

核能電廠注意改進事項(續頁)

步驟 6.10 檢查 NPBD 箱體通氣孔過濾網是否清潔。

步驟 6.14 箱體外蓋經掀開後回裝前如橡皮襯墊有硬化或裂痕必須換新。

步驟 6.16 檢視外殼如有鏽蝕做除鏽、油漆工作。

(三) 經查步驟 6.4 匯流排內阻量測，其接受標準係「與上次大修作比較不超過+20%」，沒有上限值，此接受標準不適當。

(四) 有關步驟 6.7 匯流排連結處及軟銅帶與匯流排連結螺栓須鎖緊，檢測扭力及量測接觸電阻值。核三廠 2 號機之輔助變壓器共有四個 NPBD，每個 NPBD 都有三個匯流排，每個匯流排每 3 公尺有一連結處，這些連接處都需檢測螺栓扭力及量測接觸電阻值；惟經查發現本項作業僅 NPBD 維護查證表（表 1A）一個勾選合格即代表全部完成，未有個別對應之表格紀錄，此屬維護紀錄登載不周全。

參考文件：

1. 程序書 700-E-099「非隔相匯流排維護作業程序書」。
2. 2 號機 EOC-19 維護工作執行結果成套文件（OWP：EL2MA404）
3. 2 號機 EOC-20 維護工作執行結果成套文件（OWP：EL2MA404）
4. 2 號機 EOC-21 維護工作執行結果成套文件（OWP：EL2MA404）

附件二 管制追蹤案建檔資料表 MS-0-10403

編號	MS-0-10403	立案時間	104 年 5 月 18 日
廠別	核三廠	承辦人	張禕庭
案名	104 年 4 月 26 日核三廠 2 號機急停後再起動管制事項		
立案原因	☐ 台電來文 ☐ 視察 ☐ 核管會議 ☐ 國外事件 ☐ 執照懸案 ☐ 行政命令(一般) ☐ 行政命令(備忘錄) ☐ 行政命令(TSC) ☐ 行政命令(DCR) ☐ 駐廠日誌 ☐ 十年換照 ☐ 運轉規範窒礙難行 ☒ 跳機原因追蹤 ☐ 其他 ☐ 國內重大事件 ☐ 核三事故後檢討 ☐ 國科會報告建議事項 ☐ 台電追蹤案件 ☐ 換照 ☐ 福島事故總體檢		
台電編號		預定完成日期	
結案狀況		結案日期	
是否列入大修視察項目		大修視察時機	
問題內容	1. 運轉期間防範礙子絕緣劣化引發事故之強化作法。 2. 事件相關設備維護作業強化之作法。 3. 平行展開至核三廠 1 號機之作法。		
解決方法	1. 非隔相匯流排定期(每 6~8 年)執行交流耐壓試驗，納入核三廠程序書。		

	2. 定期(每週)以紅外線偵測導口箱及非隔相匯流排外殼溫度，直到線上部分放電監測儀裝設完成。 3. 評估非隔相匯流排裝設線上部分放電監測儀，預定 2 號機 EOC-22、1 機 EOC-23 大修完成。 4. 評估非隔相匯流排設計改善，預定 1、2 號機 EOC-24 大修完成。 5. 參考工業界標準(如 IEEE C37.23-2003)及業界變壓器/匯流排之維護測試重點項目，納入核三廠程序書執行。 6. 1 號機輔助變壓器 MA-X04/MA-X05 及 161 kV 起動變壓器 MC-X02 之非隔相匯流排，於 EOC-23 大修增加執行交流耐壓試驗及介質電力因數試驗。
追蹤經過	
參考文件	