

調 查 報 告

- 壹、調查緣起：本案係委員自動調查。
- 貳、調查對象：臺灣電力股份有限公司。
- 參、案由：據報載，臺灣電力股份有限公司第三核能發電電廠日前發生火警，起火原因初步歸咎於起動變壓器，惟該變壓器已閒置 20 多年才啟用；又起火前曾出現 3 次警報，廠方人員卻未能即時處理，相關主管機關有無違失等情乙案。

肆、調查依據：本院 98 年 6 月 29 日 (98) 院臺調壹字第 0980800571 號函。

伍、調查重點：

- 一、查明本案臺灣電力股份有限公司第三核能發電電廠起動變壓器起火之情形及原因？
- 二、查明本案起動變壓器閒置多年未用之原因及當時採購緣由？
- 三、查明本案起動變壓器相關檢修作業是否確實？
- 四、查明本案起動變壓器保護協調系統之保護機制及事故當時之運作情形是否失當？
- 五、查明本案起動變壓器事故前後相關人員之應變情形是否得當？

陸、調查事實：

本案臺灣電力股份有限公司（下稱臺電公司）第三核能發電電廠（下稱核三廠）於民國（下同）98 年 6 月 12 日發生起動變壓器起火之意外事故。案經本院函請臺電公司及行政院原子能委員會（下稱原能會）調閱相關卷證及審閱，並於同年 8 月 17 日約詢臺電公司有關人員，以釐清案情。茲彙整調查事實如次：

- 一、設備簡介：

- (一)核三廠廠址離屏東縣恆春鎮直線距離約 6 公里，佔地面積約為 329 公頃，共裝置兩部（一號機及二號機）容量各為 951 百萬瓦之輕水型壓水式機組。該廠置有兩台由日本日立公司製造之 345kV（千伏特）起動變壓器，設備編號各為 MC-X01 及 MC-X04。
- (二)345kV 起動變壓器一次側為 345kV，二次側有 4.16kV 及 13.8kV 兩繞組；一次側 345 kV 外電線路之 3 相（A、B、C 相）電力，係透過高壓套管連結至起動變壓器。其內部線圈繞組及鐵心採絕緣油冷卻，油量為 56,400 公升，其電力容量為：33.9/45.2 百萬伏安（油冷/強迫風冷，溫升 55°C 時）或 38.0/50.7 百萬伏安（油冷/強迫風冷，溫升 65°C 時）。
- (三)345kV 起動變壓器主要功能：1. 於機組（一號機或二號機）大修之停機期間及機組重新起動時，供應廠內 4.16kV 及 13.8kV 之相關電源（其中 4.16kV 為緊要性之電源）；2. 當機組正常運轉時（相關電源則由機組供電），作為廠內設備之備用電源。
- (四)兩台 345kV 起動變壓器中，一台一次側加電壓（345kV）備用中，另一台則未加電壓；兩台輪流加壓進行備用，通常配合機組大修週期進行切換；其中任一變壓器故障時，均可由另台變壓器切換替代。機組大修停機期間及機組重新起動時，則投入其中加電壓備用中之起動變壓器，以供應廠內相關設備之電力。
- (五)除兩台 345kV 起動變壓器外，另置有兩台 161kV 起動變壓器（可供應 4.16kV 及 13.8kV 之相關設備）及 3 台緊急發電機（可供應 4.16kV 之相關設備），以支援 345kV 起動變壓器之相關電力。故於機組大修停機期間及機組重新起動時，廠內 4.16kV 及 13.8kV 有兩個外部獨立電源：一為 345kV 起動變壓

器，另一為 161kV 起動變壓器，4.16kV 負載群並接有緊急發電機。該 4.16kV 及 13.8kV 電力所供應之主要設備：

- 1、4.16kV：主要分為兩組負載群，一是非安全有關負載，如照明、高低壓馬達等設備；另為安全有關（緊要性）之負載，如充水泵、餘熱移除泵、廠用海水泵、核機冷卻水泵、緊要寒水機等設備。
- 2、13.8kV：主要設備為 2,000 馬力以上之馬達負載，如反應器冷卻水泵、循環水泵、冷凝水泵、起動飼水泵等，另供應進水口廠房用電。

(六)本次發生事故之 345kV 起動變壓器 MC-X04(下稱本變壓器)係 70 年製造，72 年完成安裝，置於核三廠機組廠房外之露天廣場上，位於無輻射之清潔區，附近亦無輻射相關設備；於 98 年 4 月 25 日始置入加壓使用。當時設備採購金額為美金 373,663 元，連同安裝費用，列帳值約為新臺幣(下同)3,665 萬元；經過 20 多年之折舊後，目前淨值尚餘 362,358 元。

(七)本變壓器具有一般變壓器之標準保護電驛，即：差動電流保護、過電流保護、接地過電流保護、突壓保護等，任何保護電驛動作，均會立即將上游 345kV 及下游 13.8kV、4.16kV 之相關斷路器跳脫，以隔離故障點。其中差動電驛之偵測及保護區間為上游 345KV GCB(瓦斯斷路器)至下游 14 組 4.16 KV 及 13.8 KV 匯流排(包含 8 組 4.16 KV 匯流排及 6 組 13.8 KV 匯流排)，該電驛對於故障電流之反應速度最快。另於本體設有釋壓閥，可釋放本體內部壓力，以避免變壓器內部壓力過大；並設有絕緣油溫度、線圈溫度等高溫警報。

二、事故經過：

(一)98年6月12日：

- 1、核三廠之一、二號機均穩定滿載運轉中，本變壓器亦加壓備用中；下午本變壓器因B相絕緣氣體(SF₆)壓力錶法蘭面有洩漏，電氣組變電課維護員鄭君等3人進行O型封環更換作業，鄭君於作業過程中聽聞異音，便通知該課變壓器負責人維護專員王君前往檢查；王君約於14時50分到場後，即登上本變壓器頂部檢查皮托電驛(Pitot Relay)及釋壓閥，檢查後認為一次側B相高壓套管方向有些微異聲，正欲以電話通報課長劉君處理時，即發生起火事故。
- 2、15時13分控制室出現大量警報：
 - (1)15時13分18秒:4.16KV緊要匯流排A(ESF BUS A)出現低電壓警報。
 - (2)15時13分19秒:差動電驛B相及C相測得故障電流(0.07秒內測得)，並使上游345KV之GCB 3510及GCB 3520跳脫，以隔離345KV電力。然因故障電流產生之熱量，迫使本變壓器內部絕緣油膨脹及氣化，並引發皮托電驛出現跳脫訊號(惟差動電驛已使相關開關跳脫)。
 - (3)15時13分20秒:本變壓器周圍之消防水閥KC-XV308自動開啟滅火，同時出現消防水低壓警示。
 - (4)15時13分23秒消防泵KC-P143自動起動，15時13分26秒消防泵KC-P142自動起動，消防水噴灑系統開始動作。
- 3、15時15分:現場人員將本變壓器起火之事故通報控制室，並由控制室通知核三廠消防班出動消防車。化學消防車立即抵達火場，開始佈置1線移動式自動搖擺噴灑砲塔。

- 4、15 時 15 分 7 秒：出現本變壓器絕緣油溫度高之警報。
- 5、15 時 16 分 36 秒：出現本變壓器線圈溫度高之警報。
- 6、15 時 16 分核三廠消防救災指揮車、水箱消防車抵達，開始佈置 2 線移動式自動搖擺噴灑砲塔。
- 7、15 時 18 分：因現場通報火勢大，控制室請求恆春消防隊協助滅火。核三廠化學消防車移動式自動搖擺噴灑砲塔 1 線泡沫開始撲滅地面絕緣油火勢，水箱消防車移動式自動搖擺噴灑砲塔 2 線水霧出水對本變壓器作冷卻降溫及阻隔延燒。
- 8、15 時 23 分：兩部機組控制室之主變壓器（將機組發電機輸出之 25kV 電壓，升壓至 345kV，以利電力輸出至電網）風扇狀態指示燈盤(QL-3S 及 QL-3T)熄滅，控制室無法判斷主變壓器風扇冷卻器及油泵是否運轉，惟主變壓器各溫度之電腦監視值皆未變化，值班經理仍依保守決策，通知兩部機取得調度室同意後開始降載。
- 9、15 時 28 分：恆春消防分隊及其所隸屬之屏東縣消防局第四大隊陸續抵達火場。
- 10、15 時 30 分兩部機組之狀態指示燈盤(QL-3S 及 QL-3T)更換保險絲，指示燈盤恢復顯示，並顯示主變壓器風扇冷卻器及油泵運轉正常，經確認機組運轉安全不受影響後，即停止二號機組降載（當時反應器功率 94%），15 時 39 分亦停止一號機組降載（當時反應器功率 91%）。
- 11、15 時 48 分火勢完全撲滅，16 時 35 分廠外消防車撤離。

(二)6 月 13 日完成 345KV 起動變壓器 MC-X01 之檢測。

(三)6 月 14 日：

- 1、10時32分將345KV起動變壓器MC-X01加壓置入使用，狀況均正常，恢復345kV廠外電源可用。
- 2、11時25分二號機組升至滿載，11時43分一號機組升至滿載。

三、事故原因：

- (一)本變壓器B相高壓套管絕緣油膨脹室(為6毫米厚之碳鋼)上方之兩固定法蘭(Flange)面間銲道附近，有一鏽蝕穿孔，水分經由此孔侵入高壓套管內，造成絕緣油之絕緣劣化，並引起高壓套管對地(油側法蘭面)之絕緣破壞。
- (二)前項絕緣破壞引起閃絡效應，瞬間高溫使本體內之絕緣油迅速膨脹，並分解出可燃性氣體；由於可燃性氣體之壓力瞬間升高，造成高壓套管(絕緣油側)破裂(部分破片射入絕緣油槽中)及釋壓閥動作，並震落B相高壓套管手孔蓋板，絕緣油與可燃性氣體自此噴出，接觸空氣後即引起火災事件。
- (三)臺電陳稱：本變壓器之B相高壓套管膨脹室上方，因製造時稍有不平，容易積水；置入系統使用前，由於長期未加電壓，套管不發熱，積水不易揮發，故易鏽蝕。
- (四)本事故受損財物之目前淨值為1,020,275元(各設備當時採購之總金額約為8,426萬元)，包含：本變壓器(70年製造，362,358元)、13.8kV接地電阻器(71年製造，233641.25元)、4.16kV接地電阻器(71年製造，233641.25元)、線上油中可燃性氣體偵測儀(90年製造，190,634.5元)。

四、閒置及置入使用情形：

- (一)兩台345kV起動變壓器之採購係委託設計顧問公司(美國貝泰公司)開國際標，且與核三廠兩部機組所有大型變壓器一併辦理採購，並由日本日立公司得

標。

- (二)本變壓器於 72 年安裝後，僅作為備品，並未設有可與系統連結之電力線路。經核三廠考量使用中之起動變壓器(MC-X01)已運轉多年，須加強維修及為提高 345kV 電源之可靠度，故於 86 年 12 月 22 日成立改善案（編號 M0-1442）開始進行規劃作業，並於 93 年 11 月 14 日完成增設相關高低壓匯流排及切換開關，以使本變壓器連結至相關設備，並使兩台 345kV 起動變壓器可互相切換使用。本改善案之高壓側工程計 110,334,000 元、低壓側工程計 20,789,814 元，總計耗費 131,123,814 元。
- (三)本變壓器於 94 年 4 月 25 日第一次加壓置入使用，其未加電壓使用之時間約為 22 年。又依臺電公司會計帳上之可報廢年限規定，大型變壓器之使用年限為 30 年，惟實際使用年限則須視實際使用及保養情形。
- (四)臺電公司陳稱：由於 345kV 起動變壓器係依特殊規格訂製，其招標、訂約、製造及安裝等程序，通常約需 1 年，若該變壓器故障而無備品時，核三廠須依運轉規範停機，以待新造變壓器，將遭受長達 1 年之發電損失。建廠時之設計顧問公司特別將本變壓器設計於 345kV 起動變壓器 MC-X01 旁，以備需要時能即時更換，更換則需 7 日以上之時間；又考量連至高、低壓設備，須增設相關之高、低壓匯流排及開關設備，基於成本考量，當時未有此設計。

五、檢修情形：

(一)規定：

本變壓器檢測週期之訂定，核三廠原則係參考廠家建議及以往維修經驗與業界經驗回饋而訂定，其相關規定如下：

1、大修：

- (1) 兩台 345kV 起動變壓器輪流於一次側加壓備用中，通常配合機組大修時程（原則每 18 個月大修），進行該變壓器之加壓切換及維修。
- (2) 依據核三廠「起動變壓器大修檢查程序書（700-E-122）」之規定，大修檢修之項目包含：線圈絕緣、絕緣油（包含：介電強度、含水量、油中氣體分析等）、儲油槽漏油及油位、套管（包含：量測絕緣、漏油及油位檢查、局部過熱檢查、瓷管清潔及破損檢查等）、冷卻器（包含：漏油、風扇、馬達等）、指示器功能及警報、保護電驛動作及控制線路、本體漏油及油漆、壓力釋放裝置（包含：壓力釋放板、警報、跳脫接點、漏油等）等檢測，並進行漏油處理、接合面墊圈更換及本體除鏽油漆（每次大修進行局部之除鏽油漆，而每兩次大修進行全面之除鏽油漆）等工作。
- (3) 大修後之完工試驗：絕緣測試、匝比測試、變形測試；本體短路電流及交流遞升加壓試驗。
- (4) 加壓前測試：各項保護電驛及相關斷路器跳脫之試驗、短路試驗、交流遞升加壓之部分放電檢測、變壓器對相及界面功能測試。

2、加壓中之定期巡視（原則依廠家之建議）：

- (1) 每值：電氣值班主任及機電助理值班人員於值班時進行巡視，並填列「機電助理記錄表」，巡視項目包含：油溫、油位、繞組溫度、呼吸器、本體外觀、散熱風扇及控制箱、線上油中氣體偵測器等。
- (2) 每 1 個月：電氣組維護人員依核三廠「電氣設備維護表格管制程序書（700-E-1000 表格

ELT-004) 」進行巡視，巡視項目包含：油溫、油位、繞組溫度、洩漏偵測器、皮托電驛、釋壓裝置、呼吸器、本體外觀、散熱風扇及控制箱、線上油中可燃性氣體偵測器等。

(3) 每3個月：電氣組維護人員依核三廠「起動變壓器定期檢查程序書(700-E-121)」進行外觀(包含外殼脫漆生鏽否)、油位、溫度計、呼吸器、控制箱及冷卻風扇等定期巡視。

3、運轉中之絕緣油取樣分析(核三廠「變壓器絕緣油檢測化驗品質程序書(700-E-087.1)」)：

(1) 每2個月：送核三廠環保化學組進行絕緣油可燃性氣體及含水份分析，並繪製可燃性氣體分析趨勢圖。

(2) 每半年：送臺電公司電力綜合研究所(下稱綜研所)進行絕緣油可燃性氣體分析。

(3) 每年：送綜研所進行絕緣油化學及電氣特性分析。

4、其他自定之預測保養或趨勢分析：

(1) 依核三廠「起動變壓器定期檢查程序書(700-E-121)」之檢查程序，每3個月檢查開關箱及進行控制線路紅外線檢測、每半年進行本體紅外線檢測。

(2) 每月監視線圈及油溫之溫度變化曲線圖(電腦下載)。

(3) 98年6月4日新安裝線上油中可燃性氣體偵測儀，可線上即時偵測油中可燃性氣體之含量(已於此次事故中燒毀)。

(二) 72年至93年備品期間(未加電壓)之檢測情形：

每年進行如下之檢測項目：外觀、油位、溫度計、控制與警報回路、呼吸器、冷卻風扇、控制電

纜檢查，絕緣油電阻、絕緣油電介強度測試，絕緣油含水份及可燃氣體化驗（此項自 91 年起始依業界經驗開始執行）等。

(三)加入系統之檢測情形：

本變壓器於 93 年 11 月 14 日完成檢測後，正式加入系統做為備用變壓器，並與起動變壓器 MC-X01 輪流切換使用。本變壓器歷次切換使用及檢測情形如下：

1、加入系統前之檢修：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
93.05.10~ 93.06.25	加入系統前大整修，進行各部組件維護保養及測試，包含：各接合面墊圈更換、絕緣油處理、控制設備檢測	正常	-	臺電公司電力修護處(下稱修護處)南部分處
93.08.11	完工試驗：絕緣、匝比、變形試驗等	正常	-	綜研所
93.08.17~ 93.08.18	短路電流試驗、交流遞升加壓試驗	正常	-	綜研所
93.11.09~ 93.11.15	大修	正常	18 月	修護處南部分處
93.11.14	加入系統前之各項測試，包含：交流遞升加壓試驗、部分放電檢測、對相及界面測試	正常	-	修護處變壓器工場

2、94 年 4 月 25 日至 95 年 5 月 3 日第一次加壓置入使用：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
94.06.24	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
94.08.09	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
94.08.25	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組

94.11.07	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
94.11.14	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
94.11.29	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6月	綜研所
94.12.06	紅外線熱影像檢測及趨勢圖	正常	3月	修護處 變壓器工場
94.12.27	部份放電、超音波追蹤檢測	正常	-	修護處 變壓器工場
95.01.03	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
95.02.13	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
95.02.27	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
95.04.19	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組

3、95年5月3日至96年11月3日退出加壓：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
95.05.04~ 95.06.01	大修	正常	18月	修護處 中部分處
95.05.10	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
95.06.27	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6月	綜研所
95.06.27	紅外線熱影像檢測及趨勢圖	正常	3月	修護處 變壓器工場
95.07.10	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
95.08.10	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
95.08.29	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
95.11.09	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組

95.11.09	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6 月	綜研所
95.11.11	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
95.11.21	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6 月	綜研所
95.12.21	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.01.08	預防保養：絕緣油物理分析	正常	1 年	綜研所
96.01.15	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
96.03.02	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.04.03	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.04.03	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6 月	綜研所
96.04.16	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
96.06.12	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.07.10	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
96.08.03	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.10.01	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6 月	綜研所
96.10.03	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2 月	核三廠化學組
96.10.09	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3 月	核三廠電氣組
96.10.27~ 96.11.03	大修	正常	18 月	修護處 南部分處

4、96 年 11 月 3 日至 97 年 4 月 23 日第二次加壓置入使用：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
96.12.10	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
96.12.25	預防保養：絕緣油物理分析	正常	1年	綜研所
96.12.28	紅外線熱影像檢測及趨勢圖	正常	3月	修護處 變壓器工場
97.01.30	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
97.02.12	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.03.27	紅外線熱影像檢測及趨勢圖	正常	3月	修護處 變壓器工場
97.04.09	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
97.04.09	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.04.18	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6月	綜研所

5、97年4月23日至98年4月29日退出加壓：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
97.06.02	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.07.09	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
97.07.30	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.09.30	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.09.30	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6月	綜研所
97.10.23	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
97.12.11	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
97.12.18	預防保養：絕緣油物理	正常	1年	綜研所

	及電氣特性分析)			
97.12.29	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
98.01.22	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
98.03.17	預防保養：絕緣油可燃性氣體分析	正常	6月	綜研所
98.03.20	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
98.03.29	預防保養：開關箱及控制線路紅外線檢測	正常	3月	核三廠電氣組
98.04.16~ 98.04.29	大修：當時曾以手工執行外表除鏽油漆工作，並發現B、C相比流器接線箱有腐蝕現象，經覆以玻璃纖維處理；但未發現高壓套管膨脹室上方有鏽蝕穿孔之現象	正常	18月	修護處南部分處

6、98年4月29日至98年6月12日第三次加壓置入使用：

維修時間	檢修屬性	結果	週期	維修單位
98.04.23	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組
98.05.22	預防保養：絕緣油可燃性氣體及含水份分析	正常	2月	核三廠化學組

7、98年6月12日起故障停用。

(四)相關檢測結果：

1、絕緣測試：

(1)345kV 起動變壓器之高壓套管係與 345kV 氣體絕緣匯流排相接，歷年高壓套管之絕緣檢測，核三廠皆與變壓器本體絕緣測試併同執行；變壓器及高壓套管整體之絕緣測試中，若任何組件有絕緣劣化之現象，皆能反應於測試結果。

- (2) 據臺電公司歷次執行本變壓器之絕緣測試結果，均合乎標準。
- (3) 臺電公司陳稱：歷次檢測時，高壓套管之膨脹室上方尚未鏽蝕穿孔，水氣未滲至套管內部，絕緣尚未劣化，故絕緣檢測結果皆為正常。
- 2、臺電公司電力修護處於歷次執行大修時（大修週期約為 18 個月），其中步驟 6.1.4「套管基座是否有鏽蝕」及步驟 6.2.3「本體外觀是否有鏽蝕」之檢查項目，其檢查結果皆填寫：無。
- 3、每 3 個月核三廠電氣組維護人員依「起動變壓器定期檢查程序書（700-E-121）」進行定期檢查時，其中步驟 17「外殼脫漆生鏽否」之檢查項目，其檢查結果皆填寫：無。

六、原能會查察情形：

- (一) 事故時，雖因絕緣油燃燒形成濃煙，然火勢僅於廠房外圍之變壓器區，對於反應爐安全之相關設備並無影響，故未造成核能安全防禦功能衰減，屬國際核能事件分級制中之無安全顧慮事件（第零級）。
- (二) 本變壓器膨脹室鏽蝕穿孔之情況，應屬維護作業上之缺失。依核三廠「起動變壓器定期檢查程序書（700-E-121）」之 345 kV 起動變壓器維護查證表步驟 17，要求針對「外殼脫漆生鏽」進行每 3 個月之定期檢查。惟原能會視察員於 98 年 7 月 7 日會同電廠人員檢查另一台 345 kV 起動變壓器 MC-X01 時，發現 C 相高壓套管膨脹室油表上方處亦有鏽蝕，可見核三廠對該項「外殼脫漆生鏽」定期檢查作業未落實執行，致變壓器外殼鏽蝕而未能發現，並經長時間之鏽蝕後，方才發生穿孔現象。原能會已開立「核能電廠違規事項處理表」，作出四級違規之處分，並請核三廠針對變壓器維護作業確實檢討改

正，以免類似事件再次發生。

(三)按核三廠運轉規範第 3.8.1 節規定，喪失 345 kV 外電應於 72 小時內恢復，否則兩部機組必須停機。核三廠依「起動變壓器定期檢查程序書(700-E-121)」進行另台起動變壓器 MC-X01 使用前檢查，並於 6 月 14 日 10 時 32 分依「345 kV 起動變壓器 MC-X01 及 MC-X04 切換操作程序書(312.5)」之規定，將其置入系統使用，恢復 345 kV 廠外電源可用，符合 72 小時內復原之要求。

(四)98 年 6 月 19 日原能會、臺電公司及警察大學、清華大學等相關學者召開本事故火災討論會，其檢討情形略以：

1、滅火行動：於 35 分鐘內將火勢控制與熄滅；事件後回收絕緣油總量約 42,000 公升，估計火災時燃燒約 14,400 公升。就結果而言，滅火行動表現良好，惟滅火過程中，除消防隊員著正式裝備外，其餘人員並無穿戴消防衣帽。

2、消防設施：

(1)防火牆高度：本變壓器絕緣油槽配置於本體上方，略高於防火牆高度，若爆裂起火，防火牆將無法侷限火焰，又再配合洩漏噴出之絕緣油，火勢可能波及相鄰區域。本次起火點雖非絕緣油槽，惟燃燒初期火焰高度已超過防火牆，加上火勢隨洩漏出之絕緣油延燒，一度擴散至比鄰之備用輔助變壓器，並造成表面燻黑。故應檢討目前防火牆之高度與深度，是否能完全侷限火勢。

(2)消防水噴灑機制：因火勢超出防火牆範圍，致備用輔助變壓器區之消防灑水閥亦自動動作噴灑。起動變壓器區消防灑水閥動作時，備用

輔助變壓器區之消防灑水閥若能先自動開啟噴灑，應能降低火勢擴散之影響。

- (3) 噴灑系統設置：變壓器區使用水霧噴灑系統，惟本事故並未完全達到滅火效果，僅止於降低火場溫度。應再確認水霧噴灑頭裝設之水平距離、與變壓器之垂直距離、噴灑流量與密度等，是否符合相關法規要求。
- (4) 滅火劑選用：本次滅火行動主要係倚靠 3%水成膜泡沫，然水成膜泡沫一般適合應用於平面式火災。此次出火點為半空中，過程中絕緣油亦不停流至地面，針對此種立體型式之火災，水成膜泡沫似乎不能發揮最佳功能。雖符合國內消防法規之要求，但由於附著能力有限，不易發揮迅速滅火的效果，建議電廠可評估採用附著能力更好之滅火劑。
- (5) 集水池容量：變壓器下方設有地下集水池，可收集洩漏之絕緣油。本事故當日為雨天，雨水進入集水池後，影響絕緣油蒐集功能；且消防用水亦會大量流入集水池，其容量是否充足，應再評估。電廠亦應建立程序，定期檢查流徑是否清潔無雜物、水位高度與測試沉水泵，並定期與不定期進行洩水工作，以確保集水池能發揮設計功能。

3、通報作業：

- (1) 火災通報：核三廠程序書 107「消防計劃」規定，設備火災持續 10 分鐘以上，仍無法有效控制火勢，由火場指揮官或電廠消防隊通知控制室值班主任/值班經理，再由值班主任/值班經理利用直通電話通報恆春消防分隊請求支援。本事故控制室值班主任於 15 時 18 分通知

恆春消防分隊，約在事件發生 5 分鐘後。然依相關法規之規定，應於發現後第一時間通報消防單位，電廠程序書與法規規定並不一致，建議修改程序書，以符合相關規定。

(2) 事件通報：依核三廠程序書 113「異常事件處理程序」之表 A 規定，異常事件需以電話通報原能會核安監管中心及核管處核三科科長（核三廠一號機控制室內已有與核安監管中心直通之熱線電話）。本事故核安監管中心先於 15 時 31 分接獲內政部消防署通知，於 16 時 1 分始接獲核三廠值班經理電話通知，此時現場已完成滅火。通報時間雖未違反原能會「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」第 5 條「應於 2 小時內通報」之規定，惟未善用熱線電話即時通報，建議核三廠加強值班人員訓練，發生重大事件時，應即通知原能會。

4、其他故障設備：因信號線路接地過電流，致連接至主控制室盤面 JP012 下方狀態指示燈之共用保險絲燒斷，造成主變壓器風扇運轉狀態燈喪失顯示。應全面性檢討儀控設備與線路，是否存有共因失效之可能。

5、維護作業程序：火警事件發生前，工作人員已先察覺本變壓器有異音，惟未掌握時效將變壓器斷電隔離。建議參考國際間共同做法，訂出標準作業流程，並加強人員訓練。

(五) 98 年 7 月 8 日原能會組成 7 人視察小組，赴核三廠進行本事故現場專案視察及召開會議，會中決議：

1、請臺電總公司協助研閱美國電機及電子工程師協會（IEEE）或其他工業界標準，統籌訂定核能電廠大型變壓器之維護指引。

- 2、未設置油泵作強制循環之變壓器，請考量其總可燃氣體取樣點之代表性是否充足。
- 3、皮托電驛於事故前未能先期動作示警，請澄清其設定之正確性。
- 4、主變壓器與起動變壓器之狀態顯示燈，因電源共用保險絲，致事故時因接地燒毀而均失去運轉狀態之顯示，請改善。
- 5、請儘速規劃、完成發現鏽蝕變壓器之除鏽、修補、測厚工作，以及高壓套管之介質功因測試。
- 6、考量重要設備之監視狀況，請提供影像至原能會核安監管中心。

(六)98年7月14日原能會開立視察備忘錄 CS-會核-98-07 與 KS-會核-98-08，請臺電公司核一廠與核二廠加強各變壓器之維護，檢查所有類似高壓套管膨脹室設備是否有鏽蝕，並檢討目前維護檢測項目之完整性，以防範類似事件。

(七)98年7月16日原能會請所屬核能研究所執行本變壓器 B 相高壓套管膨脹室故障點之取樣，並分析其油漆及底漆之分布情形，以確認破孔原因。

七、臺電公司：

(一)本事故並無放射性物質外洩，亦無人員遭受輻射曝露傷害之情形。緊要匯流排之柴油發電機均為可用，且 161KV 廠外電源亦可使用，本事故並未影響機組安全。

(二)核三廠已修訂程序書 113「異常事件處理程序」，將通報原能會核安監管中心列為獨立步驟，以使通報人員能於異常事件發生時，立即通報該中心。

(三)本變壓器皮托電驛於事故前未能先期動作示警部分，製造商日立公司認為電暈 (Corona) 係發生於套管內側，並產生可燃性氣體；惟套管油與變壓器油係

區隔開，且膨脹室有破洞，氣體無法進入變壓器本體油槽，因此皮托電驛無法累積氣體，致事故前該電驛未能動作。當故障電流使變壓器絕緣油膨脹及氣化後，皮托電驛即測得壓力變化並動作。

(四)345kV 起動變壓器本體絕緣油與高壓套管之絕緣油互相獨立，高壓套管絕緣油劣化時，並不會影響變壓器本體絕緣油。由於高壓套管之絕緣油量甚少，且密封方式特殊，該絕緣油之取樣分析弊多於利，廠家並不建議進行取樣分析。

(五)消防部分：

- 1、核三廠已修訂 107「消防計畫」程序書，未著裝人員參與救災時，不可前進至火場第一線，僅可於第二線協助拉設水帶、中繼補水及後勤補給等襄助工作，並將編列預算採購足量消防衣物，提供支援人員使用。另研判無法有效控制火勢，控制室值班主任/值班經理接獲請求外界消防支援通報時，應即利用一號機組控制室直通電話通報恆春消防分隊支援，直通電話每周與恆春消防分隊進行定期測試。
- 2、將依據既有防火牆基礎、牆腳強度及設計規範要求之最大風力、地震力及相關影響因素，檢討加高防火牆高度之可行性。
- 3、當變壓器失火，鄰近變壓器之偵測器若感測溫度達設定點（90℃），將會自動啟動，應足以保護相鄰變壓器之安全。若相鄰變壓器之水霧消防系統設計為同時啟動，則火災初期消防水大量溢出，外漏油污隨消防水擴散蔓延，火勢及污染恐更不易控制。
- 4、將評估是否採購恆春機場使用之氟蛋白水成膜泡沫原液，或研究採購附著能力更佳之滅火劑。

- 5、345kV 起動變壓器絕緣油最大可能外洩油量為 1,907 立方英尺，集水池容量為 1,920 立方英尺，足以容納排出之油量；至於集水池容量是否應加大，將進一步檢討與評估。
 - 6、將加速消防管地上化之改善工程，原計畫於 104 年完成細部設計，預計將提前於 101 年 6 月 30 日完成細部設計。
- (六)核三廠人員對事件原因之回應，引發外界不同解讀，且公關人員於接受媒體電話詢問時，語氣略嫌急躁。對外發言應由單位指定之發言人統一對外發言，與媒體應對時，應採平緩之口氣回應。
- (七)主變壓器與起動變壓器之狀態顯示燈，因電源共用保險絲，致事故時因接地燒毀，而均失去運轉狀態之顯示；此已開立設計改善案進行評估，以將兩變壓器之狀態燈保險絲分開。
- (八)有關變壓器維護作業程序，將召集相關單位研討及參考國際業界經驗，預定於 99 年 3 月底前訂定標準作業流程。另加強人員訓練，於確認變壓器有異音時，能立即反應與謹慎處理。
- (九)核三廠尚未建立電氣設備塗裝之標準作業程序書，僅以一般課堂及工作訓練教導工作人員。此將建立相關標準塗裝作業程序書，並逐步訓練現場工作人員，以確保塗裝品質。
- (十)本事故後，核三廠平行展開各同型變壓器高壓套管之檢查，發現部分有表面鏽蝕現象，如：一號機主變壓器之 B 相、C 相及二號機主變壓器之 C 相與 345kV 起動變壓器 MC-X01 之 C 相高壓套管膨脹室上方表面，皆有輕微鏽蝕現象，98 年 7 月 14 日已完成檢修作業。另 345kV 起動變壓器 MC-X01 於同月 20 日申請停電，進行除鏽、修補及油漆等工作，油漆後並覆以樹

脂及弧狀矽膠保護（避免積水），嗣經高壓套管之介質功因測試，其測試結果正常。

(十一) 93 年本變壓器置入系統加壓前，於整修時曾發現高壓套管處有鏽蝕現象，並予除鏽油漆。後續執行各次置入使用前之檢查時，因高壓套管位於高空，檢查人員於較遠之平臺執行目測檢查，由於經驗與專業不足，未能發現油漆下方有隆起之膨脹腐蝕現象，因而未予除鏽處理，僅直接油漆。

(十二) 預防措施：

- 1、將修改相關程序書，每次大修時均執行高壓套管膨脹室測厚及套管介質功因測試；並評估裝設局部放電偵測器，以監視套管之絕緣劣化現象。
- 2、將增加 345kV 起動變壓器高壓套管保護罩下方洩油閥之取樣，以進行總可燃氣體分析。

(十三) 本變壓器由於外殼變形及燒損嚴重，已無修復價值，核三廠將辦理報廢，並規劃再購置 1 台 345KV 起動變壓器。

(十四) 本事故核三廠廠長及主管維護之副廠長已自請處分，正由臺電公司獎懲委員會處理中，另核三廠已懲處該廠電氣組如下兩位主管人員：

職稱	姓名	事由	懲處情形
電氣經理	楊○○	雖未直接從事維修工作規劃監督之情事，但身為部門最高主管，亦需負起未盡督導管理之責。	申誡二次
變電課長	劉○○	第一線直接主管，未善盡設備維修規劃與督導之責。	記過一次

八、約詢重點摘要：

(一) 核三廠建廠費用約為 934 億元，73 年商業運轉時，即有失去 345KV 起動變壓器電力超過 72 小時，兩

部機組皆須停機之規定。

- (二)當時本變壓器係以一般工業界之設計思考，所以購入只是當備品，建廠設計時考量不夠周延，過去沒有考慮到這些可靠度的問題。早期核電廠對機組停機並不太重視，之後在營運績效考量之下，始重視機組停機之影響，為提高可靠度，所以才將本變壓器置入使用；核一廠及核二廠當時也是如此設計（目前已完成另增 345KV 起動變壓器之採購作業，廠商正進行製造中，預計 99 年中可交貨及安裝）。
- (三)本變壓器於 86 年開始規劃增設相關高低壓匯流排及切換開關等設備，然因 345kV 氣體絕緣匯流排施工困難，經與各單位討論各種設計方案後，才進行發包作業，又須利用機組大修期間進行安裝，故於 93 年始完成相關高低壓匯流排及切換開關之建置。當時 345kV 起動變壓器 MC-X01 已加壓使用約 20 年。
- (四)事故前，現場維修人員曾聽聞本變壓器有敲擊之異聲，經通知王姓維護專員約於 14 時 50 分到場檢查。因當時下大雨，又附近有許多設備運轉中，難以判斷異聲來源；核三廠並無應如何處置變壓器異聲之相關規範，之前亦無類似案例。研判當時，本變壓器高壓套管已發生電暈現象，故有異聲。已通告相關單位若有類此現象發生，要將變壓器立即斷電，相關程序書正修正中。
- (五)由於本變壓器體積大，又充滿絕緣油，所以置於室外，但會定期檢測。許多大型變壓器都置於室外當備品，一般工業界也都置於室外；當時未考量予以掩蔽，將列入參考進行評估。
- (六)93 年本變壓器置入前，曾檢查出外表有鏽蝕現象，並予以修復，但當時未有詳細之修復紀錄；生鏽檢

查只勾填有無生鏽，而未記錄修復情形，檢修紀錄應再寫詳細些。置入前之除鏽油漆作業，是委請本公司電力修護處執行的，之後則由核三廠發包予協力廠商去執行。

- (七)本變壓器於歷次檢修時，皆未能發現事故之鏽蝕現象，這是我們工作上有疏失之處，除鏽油漆是外包的，但完工後核三廠人員要去檢查，但也未能檢查出鏽蝕現象，這都是核三廠的疏失；檢修員經驗不足及細心度不夠，所以未能查出鏽蝕現象。未來將考慮於起動變壓器旁安裝工作架，於加壓中亦能上去變壓器上方進行檢查。
- (八)本變壓器距一號機組圍組體約 120 公尺。事故後，B 相高壓套管油側之瓷套管已破裂，絕緣紙電容體亦已損壞。
- (九)本變壓器絕緣油與高壓套管絕緣油係隔開的，故高壓套管絕緣油劣化時，無法由變壓器本體之絕緣油取樣檢測出。
- (十)相關保護電驛雖有動作，但因當時故障電流很大，所以未能防止本變壓器遭破壞。
- (十一)345kV 起動變壓器 MC-X01 裝置於屋外，長時間遭受日曬雨淋及海風鹽害，難免局部表面會有輕微之生鏽。兩次大修之間（約 18 個月期間），難免表面會產生鏽蝕。
- (十二)起動變壓器防火牆高度係舊標準之設計，現正評估是否加高。事故當時，許多同仁主動加入救火，但未穿著消防衣、帽即參與救災，已檢討改進；起火時先噴水降溫及阻隔火勢，滅火則須使用泡沫，但所使用之泡沫附著力不佳，將會採購附著力較佳之泡沫。
- (十三)最近一次核安演習約於 97 年 8 月執行，曾針對本

變壓器旁之備用主變壓器模擬起火進行救災；本事故發生後，才發現這些消防缺失，以前演練重點在於通報聯繫、任務分配、設備準備及滅火動作等，未以實體進行燃燒演練。

(十四)核三廠部分消防管線係埋於地下，若有故障難以檢修，故研議將消防管線挪至地面上。

(十五)核三廠已於 98 年 8 月 11 日與財團法人工業技術研究院材料所簽約，委託該所分析高壓套管鏽蝕之確實原因。本工作已於同月 17 日開工，高壓套管之故障點將進行切割試片，預計 10 月 30 日前提出分析報告。

(十六)本事故當時火勢濃煙很大，鎮長、里長、民眾及媒體等紛紛到達核三廠，為避免民眾產生誤解，即請其進入現場瞭解，經充分說明後，相關人員約於 16 時 40 分離廠。當時未由發言人（副廠長）統一對外發言，媒體四處詢問核三廠人員事故原因等情，造成對事故原因有不同之說法（如天氣太熱造成火災等）；依規定應由發言人統一對外發言，當時未依規定嚴格執行。事故隔日，核三廠人員亦向周遭居民說明事故緣由，並邀請鎮代表到廠視察，與民眾溝通情形良好。

(十七)本變壓器燒毀後，興達發電廠尚有 1 台類似之變壓器可先移用，預計 1 年內將購入 1 台 345kV 起動變壓器，並完成安裝測試。

柒、調查意見：

本案臺灣電力股份有限公司（下稱臺電公司）第三核能發電電廠（下稱核三廠）於民國（下同）98年6月12日發生345kV（千伏特）起動變壓器起火之意外事故。案經本院調查結果，臺電公司相關檢修作業及事故處理等過程，核有失當，茲將調查意見臚陳如下：

一、臺電公司未依規定確實檢修核三廠之起動變壓器，致生短路起火事故，肇致設備財損及及廠內用電可靠度降低，核有未當。

（一）查核三廠設有兩台345kV起動變壓器，設備編號各為MC-X01及MC-X04，三相（A、B、C相）345kV外電線路經由高壓套管連結至起動變壓器一次側。該起動變壓器之主要功能：1.於機組（一號機組或二號機組）大修之停機期間及機組重新起動時，供應廠內4.16kV及13.8kV之相關電力；2.當機組正常運轉時（廠內用電設備由機組供電），作為廠內用電設備之備用電源。平時一台起動變壓器一次側加電壓（345kV）備用中，另一台未加電壓，並配合機組大修週期（約18個月）進行起動變壓器之加壓切換及大修。復查98年6月12日核三廠發生345kV起動變壓器MC-X04（下稱本變壓器）起火之事故，其事故原因為：B相高壓套管絕緣油膨脹室（外殼為0.6公分厚之碳鋼）上方之兩固定法蘭（Flange）面間銲道附近，有一鏽蝕穿孔，水分經由此孔侵入高壓套管內，造成絕緣油之絕緣劣化，而引起高壓套管對地（油側法蘭面）之絕緣破壞；該絕緣破壞並引起閃絡效應，瞬間高溫使變壓器本體內之絕緣油迅速膨脹，並分解出可燃性氣體；由於可燃性氣體之壓力瞬間升高，造成B相高壓套管（絕緣油側）破裂及釋壓閥動作，並震落手孔蓋板，絕

緣油與可燃性氣體自此噴出，接觸空氣後即引起火災事件。本事故主要受損財物之淨值約為新臺幣（下同）102 萬元（各設備當時採購之總金額約為 8,426 萬元），包含：本變壓器（70 年製造，36.2 萬元）、13.8kV 及 4.16kV 接地電阻器（71 年製造，46.8 萬元）、線上油中可燃性氣體偵測儀（90 年製造，19 萬元）。案經行政院原子能委員會（下稱原能會）查察結果，並未造成核能安全防禦功能之衰減，屬國際核能事件分級制中之無安全顧慮事件（第零級）。

- (二)本事故發生後，原能會視察員於 98 年 7 月 7 日會同核三廠人員檢查另一台 345 kV 起動變壓器 MC-X01 時，亦發現 C 相高壓套管膨脹室油表上方處有鏽蝕現象；另經該廠進行全面檢查後，發現一號機主變壓器（將機組發電機輸出之 25kV 電壓，升壓至 345kV，以利電力輸出至電網）之 B 相、C 相及二號機主變壓器之 C 相等處，皆有輕微鏽蝕現象；原能會認為：「本變壓器膨脹室鏽蝕穿孔之情況，應屬維護作業上之缺失。」該會並開立「核能電廠違規事項處理表」，作出四級違規之處分，要求該廠針對變壓器維護作業應確實檢討改正，以免類似事件再次發生。按核三廠 345kV 起動變壓器檢修週期之訂定，係參考廠家建議及以往維修與業界回饋經驗而訂定；核三廠係委請臺電公司電力修復處依據該廠「起動變壓器大修檢查程序書（700-E-122）」之規定執行大修（大修週期約為 18 個月），其檢修項目包含：線圈絕緣、絕緣油（介電強度、含水量、油中氣體分析等）、儲油槽漏油及油位、高壓套管（量測絕緣、漏油及油位檢查、局部過熱檢查、瓷管清潔及破損檢查等）、冷卻器、指示器

功能及警報、保護電驛動作及控制線路、本體漏油及油漆、壓力釋放裝置等，並進行漏油處理、接合面墊圈更換及本體除鏽油漆等工作。另每3個月核三廠電氣組維護人員須依「起動變壓器定期檢查程序書（700-E-121）」進行外觀（包含：外殼脫漆生鏽否）、油位、溫度計、呼吸器、控制箱及冷卻風扇等定期檢查。然臺電公司電力修護處於歷次執行本變壓器之大修過程中，其檢查步驟6.1.4「套管基座是否有鏽蝕」及步驟6.2.3「本體外觀是否有鏽蝕」之檢查結果皆填寫：無。又每3個月核三廠電氣組維護人員進行定期檢查時，其步驟17「外殼脫漆生鏽否」之檢查結果亦均填寫：無。

(三)另本變壓器於每次大修時，併同進行本體局部之除鏽及油漆，而每兩次大修則進行本體之全面除鏽及油漆；除94年4月第一次置入系統前之除鏽油漆作業，係委請臺電公司電力修護處執行外，其後則由核三廠發包予協力廠商執行。然查核三廠並未建立電氣設備塗裝之標準作業程序，僅以授課方式及工作訓練教導工作人員。臺電公司陳稱：「本變壓器高壓套管膨脹室上方，因製造時稍有不平，容易積水，置入系統使用前，由於長期（約22年）未加電壓，高壓套管不發熱，積水不易揮發，故易鏽蝕。後續置入系統執行檢查時，因高壓套管位於高空，檢查人員於較遠之平臺執行目測檢查，由於經驗與專業不足，未能發現油漆下方有隆起之膨脹腐蝕現象，因而未予除鏽處理，僅直接油漆。」核三廠人員於本院約詢時坦承：「本變壓器於歷次之檢修過程中，皆未能發現事故之鏽蝕現象，工作上有疏失之處，除鏽及油漆雖是外包的，但完工後須由核三廠人員進行檢查，檢查人員經驗不足及細心度

不夠，所以未能查出鏽蝕現象，這都是核三廠的疏失。本變壓器首次置入系統前，曾檢查出外表有鏽蝕現象，並予以修復，但當時未有詳細之修復紀錄；鏽蝕檢查只勾填有無生鏽，並未記錄修復情形，檢修紀錄應再寫詳細些。345kV 起動變壓器 MC-X01 裝置於戶外，長時間遭受日曬雨淋及海風鹽害，難免局部表面會有輕微之生鏽。」本事故核三廠已懲處該廠電氣組電氣經理楊○○及變電課長劉○○，各予申誡 2 次及記過 1 次之處分，另廠長及主管維護之副廠長業已自請處分，臺電公司正處理中。

(四) 綜上：

- 1、核三廠依據相關程序書之檢修規定，本變壓器約每 18 個月委請臺電公司電力修復處執行大修，及每 3 個月由核三廠電氣組進行定期檢查，上開檢修皆須檢查設備表面是否鏽蝕，惟歷次檢修紀錄皆顯示並無鏽蝕現象；且於每次大修時，亦須執行除鏽及油漆等作業。
- 2、然於諸多檢修及除鏽油漆等機制下，本變壓器 B 相高壓套管膨脹室上方竟發生鏽蝕穿孔，而引發高壓套管對地之絕緣破壞，造成起火之事故，另其他大型變壓器經檢查後亦有鏽蝕現象，且以往鏽蝕之修復作業，並無相關資料可稽，亦無標準作業程序。核三廠除坦承相關疏失外，並表示變壓器置於屋外受日曬雨淋及海風鹽害，難免表面會有鏽蝕，因檢查人員經驗與專業不足，歷次檢修皆未能發現事故之鏽蝕現象。
- 3、本事故雖未造成核安事件，然臺電公司相關單位顯未落實戶外變壓器之檢修及除鏽油漆等作業，本變壓器因長時間外殼鏽蝕而未能發現，致生穿孔而引發短路起火之事故，造成設備財損及

核三廠 345kV 外電可靠度之降低，核有未當；另相關鏽蝕之修復作業，並無資料可稽，後續檢修未能參據，其電氣設備之塗裝作業亦無標準程序，檢修作業顯有闕漏。

二、核三廠未能於起動變壓器發生異聲徵兆時即予應變，核有不當；另絕緣油量測、保護協調、消防滅火及通報、主變壓器冷卻風扇指示燈電源、媒體溝通等作業亦均有缺失。

(一)查 98 年 6 月 12 日核三廠之一、二號機組均穩定滿載運轉中，本變壓器距一號機組圍組體約 120 公尺，亦加壓備用中；當日下午本變壓器因 B 相絕緣氣體(SF₆)壓力錶法蘭面有洩漏，電氣組變電課維護員鄭君等 3 人至現場進行 O 型封環之更換作業，鄭君於修復過程中聽聞異音，便通知該課變壓器負責人維護專員王君前往檢查；王君約於 14 時 50 分到場後，即登上本變壓器頂部檢查皮托電驛 (Pitot Relay) 及釋壓閥等設備，檢查後認為一次側 B 相高壓套管方向有些微異聲，正欲以電話通報課長劉君處理時，即於 15 時 13 分發生本事故。復查事故隔(13)日核三廠完成另一台 345KV 起動變壓器 MC-X01 之檢測，6 月 14 日上午 10 時 32 分並將其加壓置入使用，狀況均正常，符合運轉規範 72 小時內復原 345kV 外電可用之要求。核三廠目前僅餘一台 345KV 起動變壓器可加壓使用，若有故障廠內並無備用變壓器可供更替，臺電公司表示興達發電廠尚有 1 台同型之變壓器可先移用，惟仍可能影響機組之正常運作；核三廠已規劃新購一台 345KV 起動變壓器，然約須 1 年左右始能完成採購及安裝作業。

(二)核三廠於本變壓器之檢修及事故處置等過程中，另

有絕緣油量測、保護協調、消防滅火及通報、主變壓器冷卻風扇指示燈電源及媒體溝通不良等缺失：

1、絕緣油量測：

(1)按核三廠「變壓器絕緣油檢測化驗品質程序書(700-E-087.1)」之規定，本變壓器須定期進行運轉中之絕緣油取樣分析，包含：每2個月取油樣送核三廠環保化學組進行絕緣油可燃性氣體及含水份分析，並繪製可燃性氣體分析趨勢圖；每半年取油樣送臺電公司電力綜合研究所進行絕緣油可燃性氣體分析；每年取油樣送該研究所進行絕緣油化學及電氣特性分析。98年6月4日更於安裝線上油中可燃性氣體偵測儀，可線上即時偵測本變壓器絕緣油可燃性氣體之含量（已於此次事故中燒毀）。

(2)據臺電公司歷次執行本變壓器絕緣油之相關取樣分析結果，均合乎標準。然本變壓器絕緣油與高壓套管絕緣油係隔離而未相通，故高壓套管絕緣油劣化時，無法僅由變壓器本體之絕緣油取樣或偵測儀檢測出；且本變壓器並未設置油泵作強制循環，故取樣點之絕緣油未能確實代表所有本體絕緣油之狀況。

2、保護協調：

(1)本變壓器具有一般變壓器之標準保護電驛，即：差動電流保護、過電流保護、接地過電流保護、突壓保護等，任何保護電驛動作，均會使相關斷路器跳脫，以隔離故障點。另於變壓器本體設有釋壓閥，可釋放本體內部壓力，以避免變壓器內部壓力過大；並設有絕緣油溫度、線圈溫度等高溫警報。

(2)查事故當日之14時50分前，本變壓器高壓套

管內部油側早已發生電暈（Corona）現象；惟至 15 時 13 分 19 秒差動電驛 B 相及 C 相始測得故障電流，並使上游 345KV 之 GCB 3510 及 GCB 3520 跳脫，以隔離 345KV 電力。同時因故障電流產生之熱量，迫使本變壓器內部絕緣油膨脹及氣化，而引發皮托電驛出現跳脫訊號。

- (3) 臺電公司詢據本變壓器製造商日立公司表示，電暈係發生於高壓套管內部，並於套管內部產生可燃性氣體；惟套管與變壓器之絕緣油並未相通，因此套管絕緣油劣化所產生之氣體，無法進入變壓器本體油槽，故皮托電驛無法累積氣體，致未能即時動作；迄故障電流使變壓器本體絕緣油膨脹及氣化後，皮托電驛始測得壓力變化而動作。

3、消防滅火及通報：

- (1) 本事故當日 15 時 13 分 20 秒本變壓器周圍之消防水閥 KC-XV308 自動開啟滅火，13 分 23 秒消防泵 KC-P143 自動起動，13 分 26 秒消防泵 KC-P142 自動起動，消防水噴灑系統開始動作；15 分現場人員通報控制室，並由控制室通知廠內消防班出動消防車；16 分核三廠消防救災指揮車、水箱消防車抵達；18 分控制室始以直通電話請求恆春消防隊協助滅火，廠內化學及水箱消防車並開始噴灑泡沫撲滅地面絕緣油火勢及以水霧對本變壓器作冷卻降溫及阻隔延燒；28 分恆春消防隊陸續抵達火場；48 分火勢撲滅，起火迄火勢撲滅時間約為 35 分鐘。

- (2) 滅火過程中，除消防人員著正式裝備外，其餘參與滅火之核三廠人員並未穿戴消防衣、帽等

裝備。另原能會核安監管中心先於 15 時 31 分接獲內政部消防署通知本事故，16 時 01 分始接獲核三廠值班經理電話通知，此時現場已完成滅火 13 分鐘，其通報時間雖未違反原能會「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」第 5 條「應於 2 小時內通報」之規定，惟未善用熱線電話即時通報。

(3) 本變壓器區係使用水霧噴灑系統，惟水霧於本事故中並未達到滅火效果，僅止於降低火場溫度，主要係倚靠 3% 水成膜泡沫完成滅火；然該水成膜泡沫附著能力有限，較適用於平面式火災，而此次高壓套管之起火點位於半空中，絕緣油亦不停流至地面，水成膜泡沫雖符合國內消防法規，惟其附著能力有限，未能發揮最佳之滅火效能。

(4) 國內對變壓器周遭防火牆之高度並未規範，然據美國消防協會第 850 篇第 3-2.4 節規定，戶外用油絕緣變壓器之防火牆高度須高於儲油槽至少 1 呎，深度須距變壓器及冷卻散熱器至少 2 呎。本變壓器絕緣油槽配置於本體上方，略高於防火牆高度，若變壓器爆裂起火，防火牆將難以侷限火焰。本事故之絕緣油及可燃性氣體，自爆開之高壓套管手孔蓋噴出，燃燒初期之火焰高度已超過防火牆，火勢亦隨洩漏出之絕緣油而延燒，一度擴散至相鄰之備用輔助變壓器，並造成該變壓器表面燻黑

4、主變壓器冷卻風扇指示燈電源：

(1) 本事故造成本變壓器信號線路接地過電流，致連接至主控制室盤面 JP012 下方狀態指示燈之共用保險絲於事故當日 15 時 23 分燒斷，造成

兩部機組控制室之主變壓器風扇狀態指示燈盤(QL-3S 及 QL-3T)熄滅，控制室因而無法判斷該風扇冷卻器及油泵是否運轉，值班經理即採保守決策，通知兩部機組開始降載。

- (2) 經於事故當日 15 時 30 分更換燒斷之保險絲後，主變壓器風扇狀態指示燈盤恢復顯示，並顯示風扇冷卻器及油泵運轉正常，經確認機組運轉安全不受影響，即停止二號機組降載(當時反應器功率 94%)，15 時 39 分亦停止一號機組降載(當時反應器功率 91%)。6 月 14 日 11 時 25 分二號機組升至滿載，11 時 43 分一號機組升至滿載。

5、媒體溝通：

- (1) 本事故當時火勢濃煙極大，鎮長、里長、民眾及媒體等紛紛抵達核三廠外，該廠為避免民眾產生誤解，經廠長同意請其進入現場瞭解，相關廠外人員約於 16 時 40 分離廠。

- (2) 按台電公司新聞處理暨發布要點第 4 點規定，各附屬單位應指派單位副主管乙名兼任新聞聯絡人。然當時諸多媒體記者同時採訪現場核三廠員工，詢問事故原因等情，並未由該廠發言人(副廠長)統一對外發言，造成對事故原因有不同之說法(如天氣太熱造成火災等)；且公關人員於接受媒體電話詢問時，語氣略顯急燥。

- (三) 臺電公司人員於本院約詢時陳稱：「本事故發生前，現場維修人員曾聽聞本變壓器有異聲，然因當時下大雨，附近又有許多設備運轉中，故難以判斷異聲來源；核三廠並無應如何處置變壓器異聲之相關規範，之前亦無類似案例；研判當時，本變壓器高

壓套管內已發生電暈現象，故有異聲。由於本變壓器絕緣油與高壓套管絕緣油是隔開的，當高壓套管絕緣油劣化時，無法經由變壓器絕緣油之取樣來檢測出。相關保護電驛雖有動作，但因當時故障電流很大，所以未能防止本變壓器遭到破壞。防火牆高度現正評估是否加高。本事故當時，許多同仁主動加入救火，但未穿著消防衣、帽，已檢討改進；起火時先噴水降溫及阻隔火勢，滅火則須使用泡沫，但所使用之泡沫附著力不佳，將會採購附著力較佳之泡沫。最近一次之核安演習約於 97 年 8 月時舉行，當時曾針對本變壓器旁之備用主變壓器模擬起火進行救災；本事故發生後，才發現諸多之消防缺失，以前救災演練著重於通報聯繫、任務分配、設備準備及滅火動作等，未以實體進行燃燒演練。又核三廠部分消防管線埋於地下，若有故障則難以檢修，已研議將消防管線挪至地面上。事故時，依規定應由發言人統一對外發言，當時未依規定嚴格執行」。

- (四) 綜上，本變壓器於發生起火事故前，核三廠維護人員已察覺高壓套管處有異音，卻未掌握時效進行斷電隔離，且未訂有相關應變處置之標準作業程序。由於本變壓器絕緣油與高壓套管絕緣油係隔離而未相通，然該廠僅執行本變壓器絕緣油之取樣分析，又變壓器未設置油泵作強制循環，其絕緣油取樣點缺乏代表性，並造成高壓套管內部絕緣油發生電暈現象時，變壓器本體之皮托電驛未能即時偵測並動作。又參與滅火之場內非消防人員未穿戴消防裝備；且於事故發生 5 分鐘及 48 分鐘後，始通知恆春消防隊及原能會核安監管中心，並未善用直通電話即時通報；防火牆高度及滅火之水成膜泡沫附著

力亦有不足，消防演練更未與實際災害情境相符，致未能發現相關消防缺失。另主變壓器風扇運轉狀態燈與本變壓器信號線路源自相同電力來源，存有共因失效之可能，致本事故造成風扇運轉狀態燈熄滅，使兩部機組由滿載降載至近 9 成功率。核三廠未由發言人統一對外說明事故原因，造成媒體不當之報導，且公關人員接受媒體電話詢問時語氣急燥。核三廠未能於起動變壓器事故徵兆時即予應變，致相關設備燒毀；另絕緣油量測、保護協調、消防滅火及通報、主變壓器冷卻風扇指示燈電源、媒體溝通等作業亦有缺失，皆應檢討改進。

三、核三廠任由本變壓器置於易受鹽害之室外 22 年未曾加壓使用，徒增鏽蝕機會與維修保養作業；且替換故障變壓器之作業時程過長，未達備品之功效；又耗費 7 年之規劃及設備建置，始能置入系統使用，其辦理過程洵有失當。

(一)本變壓器係由臺電公司委託設計顧問公司(美國貝泰公司)開國際標辦理採購，並由日本日立公司得標，嗣於 70 年製造及 72 年完成安裝，當時採購金額為美金 373,663 元，連同安裝費用，列帳金額約為新臺幣(下同)3,665 萬元(目前淨值尚餘 362,358 元)。本變壓器於 72 年完成安裝後，僅置於室外作為備品，並未設有可與上下游系統連結之電力線路。按核三廠運轉規範第 3.8.1 節規定，喪失 345 kV 外電應於 72 小時內恢復，否則兩部機組必須停機；且另台使用中之起動變壓器 MC-X01 亦已運轉多年，經核三廠考量須加強維修及為提高 345kV 電源之可靠度，故於 86 年 12 月 22 日成立改善案(編號 M0-1442)，開始進行將本變壓器置入系統之規劃作業。迄 93 年 11 月 14 日始完成增設相關高低

壓匯流排及切換開關等設備，以使本變壓器連結至相關設備，兩台 345kV 起動變壓器並可互相切換使用。本改善案總計耗費 131,123,814 元，包含：高壓側工程 110,334,000 元、低壓側工程 20,789,814 元。

- (二)本變壓器完成增設相關高低壓匯流排及切換開關等設備，再經大修及檢測後，於 94 年 4 月 25 日第一次加壓置入系統使用，其置於室外未加電壓使用之時間長達 22 年。臺電公司陳稱：「由於 345kV 起動變壓器係依特殊規格訂製，其招標、訂約、製造及安裝等程序，通常約需 1 年，若該變壓器故障而無備品時，核三廠須依運轉規範停機，以待新造變壓器，將遭受長達 1 年之發電損失。核三廠建廠時，設計顧問公司特別將本變壓器設計於 345kV 起動變壓器 MC-X01 旁，以備需要時能即時更換，更換作業約需 7 日之時間；又當時考量連結至高、低壓設備，須增設相關之高、低壓匯流排及開關設備，基於成本考量，當時未有此設計。」該公司於本院約詢時則稱：「核三廠建廠費用約為 934 億元，73 年商業運轉時，即有失去 345KV 起動變壓器電力超過 72 小時，兩部機組皆須停機之規定。當時本變壓器係以一般工業界之思考來設計，所以只當備品使用，建廠設計時考量不夠周延，過去沒有考慮可靠度之問題。本變壓器未置入系統使用期間，並未考量予以掩蔽。早期核電廠對於機組停機並不太重視，之後於營運績效考量之下，始重視機組停機之影響，為提高 345KV 外電之可靠度，所以才將本變壓器置入使用。本變壓器於 86 年 12 月開始規劃增設相關高低壓匯流排及切換開關等設備，然因 345kV 氣體絕緣匯流排施工困難，經核三廠與相關

單位討論各種設計方案後，才進行發包作業，又須利用機組大修期間進行安裝，故於 93 年 11 月始完成相關高低壓匯流排及切換開關之建置，當時 345kV 起動變壓器 MC-X01 已加壓使用約 20 年」。

- (三)綜上，本變壓器採購金額為 3 千 6 百餘萬元，於 72 年完成安裝後，即置於室外易受鹽害之另台 345kV 啟動變壓器旁 22 年，期間並未加電壓使用及妥適防護。臺電公司雖辯稱該型起動變壓器由辦理招標至完成安裝約需 1 年時間，又基於考量成本，而未增設相關匯流排及開關設備，故僅置於室外當備品。然若另台起動變壓器 MC-X01 故障時，更換本變壓器置入使用之作業時間長達 7 日，未能符合喪失 345 kV 外電應於 72 小時內恢復之規範，故兩部機組將可能停機，顯見本變壓器未能達到備品之功效；該公司於本院約詢時則坦承當時設計考量不夠周延。嗣核三廠為提高 345kV 外電之可靠度，竟耗費 7 年始完成相關高低壓匯流排及切換開關等設備之規劃及建置，本變壓器始能置入系統使用。本變壓器完成安裝後，核三廠任其置於易受鹽害之室外 22 年未曾加壓使用，徒增鏽蝕機會與維修保養作業；且替換故障變壓器之作業時間長達 7 日，期間機組將可能停機，顯未達備品之功效；又耗費 7 年之規劃及設備建置作業，本變壓器始能置入系統使用，其辦理過程洵有失當。

捌、處理辦法：

- 一、抄調查意見提案糾正臺灣電力股份有限公司，並請該公司議處相關失職人員見復。
- 二、抄調查意見函請行政院原子能委員會督促臺灣電力股份有限公司確實改善，並將督促辦理情形函復本院。
- 三、調查報告全文上網公布。
- 四、檢附派查函及相關附件，送請財政及經濟、教育及文化委員會聯席審議。

調查委員：趙榮耀、黃武次

中 華 民 國 98 年 8 月 24 日