

防止匯流排復電時發生全停電事故再發

台電台中供電區營運處運轉課 楊嘉榮

壹、前言

電力系統匯流排 (BUS) 是連接電源線路及負載線路的主要部份，主要的功能是匯集所有電源並分配到所有的負載線路。當匯流排發生事故可能造成整個電力系統崩潰，連接在匯流排的電源線路及負載線路都將無法供電，且造成停電的範圍很大，影響的程度相當嚴重。

匯流排、發電機及變壓器保護方式都是採用電流差動 (Current Differential) 的原理，在線路圖上使用 87B、87G、87T 的代號。其工作原理是以電路學中的克希赫夫電流定理 (Kirchhoff's Current Law)，其理論為：任何時間流入任一電路節點的電流總和等於零，如圖 1 所示。基本上各斷路器接於匯流排電驛之 CT 比值相同、極性相同，在正常情況下就同一匯流排而言，流進與流出電流相等，無差電流產生，故匯流排電驛不會動作；唯當匯流排發生事故或有某只電流試驗插座 PK-2 未插入時，則流進與流出電流不相等，在此情況之下，若通過匯流排電驛的電流達始動值以上，則匯流排電驛動作，將接於匯流排上之所有斷路器跳脫以隔離事故。

在實際的電力輸電系統中，因為每條線路傳輸的導線線徑相當粗、且電壓亦相當高 (目前臺電系統最高電壓為 345 仟伏)、傳輸的電流高至數仟安培，無法將實際導體直接輸入到保護電驛中，所以必須裝設適當的比流器 (CT, Current

Transformer) 如圖 2 所示。再將所有比流器的二次電流連接到匯流排保護電驛盤，每條線路的 CT 電流均需配置一只電流試驗插座 PK-2 後，再接入匯流排保護電驛中，以取得所有線路的電流總和，以判別匯流排中是否有故障電流存在，使匯流排保護電驛執行匯流排保護的任務。

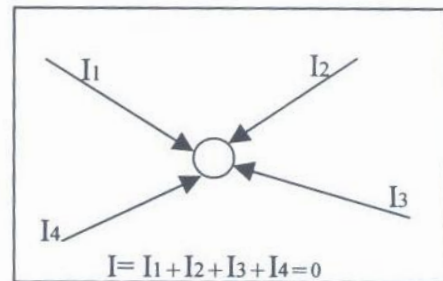


圖 1 · 電流流經節點示意圖

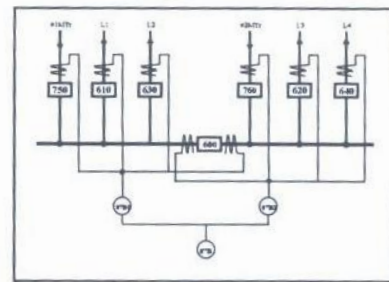


圖 2 · 匯流排保護電驛 CT 接線圖

貳、現況說明

以目前電力系統配電盤面之電錶盤及電驛盤，大部份皆使用 GE 製的電流試驗插座，由於它的 Type 為 PK-2，所以從事電業之專業技術人員就稱它為 PK-2。當匯流排上有任何的線路斷路器停電點檢工

作時，在操作過程中電力調度人員均依標準停復電操作程序，將匯流排保護電驛盤面上相關線路使用的 PK-2 抽出，才會開具停電工作卡，允准現場開始工作，以防現場的停電點檢測試工作而影響正常的供電運轉。當現場的停電點檢測試工作完成後，於復電操作過程中，調度人員或現場操作人員在操作過程中，偶會忘記指令現場操作人員插入相關的電流試驗插座 PK-2，或現場操作人員會錯意而跑錯盤面插錯 PK-2 的情形發生，導致匯流排保護電驛有差電流而動作造成全停電事故，影響電力的正常發/供電，會影響供電品質不穩定及公司企業形象嚴重受損，造成顧客滿意度下降。

由於發/變電所已陸續自動化監控，調度人員於指令現場操作人員之各項停/復電操作，皆以無線電對講機或微波電話做指令的傳訊，會發生之如下情形：

1. 主控站指令者不能很清楚現場操作者動態。
2. 現場操作者跑錯盤面、插錯 PK-2 後，主控站指令者無法確認。
3. 操作者會錯意而跑錯盤面、插錯 PK-2，操作者自己不知道。
4. 現場 PK-2 未插入完整，操作者自己未能即時確認。
5. PK-2 沒有統一的閉鎖插梢可使用。



GE 製電流試驗插座 PK-2

電流試驗插座 PK-2 是美國 GE 公司設計製造，電流試驗插座 PK-2 設計有插梢孔，卻沒有設計合用的插梢可使用，現場操作人員插入 PK-2 蓋子後，有下列情形會發生：

參、改善經過

	現 狀 說 明	造 成 缺 失
GE 公 司 未 設 計 插 梢	隨意拿了就用	迴紋針、大頭針、裸銅線、鐵線、牙籤等
	插梢容易失落	被打掃的掃掉了
	常常會忘記使用插梢	因 GE 原廠未設計插梢
	找不到插梢乾脆不插了	臨時找不到適合的插梢可用
	插梢型式未統一	因 GE 原廠未設計插梢

依本公司機電系統歷年來事故統計，因 PK-2 造成的匯流排事故案例，自 75 年至 91 年止就有 16 次，搜集 PK-2 事故統計次數詳如附件二，如果同仁們於匯流排復電時能夠再小心一點，以往那些事故應該是避免發生的，您知道發生一次無謂的事故，公司損失多少發電量或供電量及減少電費收入嗎？在附件二的資料蒐集顯現得相當清楚。

發/變電所目前皆已自動化監控，所有的操作均使用無線電通訊、及無線電對講手機，指令者與受指令者皆互相見不到面的溝通。經我們悉心的研討結果顯示，自 75 年至 91 年止因復電時忘記插入、插錯、誤抽出 PK-2 有 16 次，經歷年機電事故檢討後，均未能有效防止類似事故的再發。我們依本公司所推行品管圈的全面性問題解決方式，依據三現主義分析法的

原則：1.到事故現場 2.明瞭現況 3.看現物（現物就是 PK-2）。電力系統已經屢次遇到 PK-2 所發生的事故，如果我們仍然不面對它、接納它、處理它的話，未來現場操作人員因 PK-2 忘記插入、插錯、誤抽出的事故還是會再發生的，所以我們鼓勵全體團員儘量提出問題，經分析及篩選結果，以品管圈之真因追求法加以解析，主要的原因已經逐漸展現，原來『真因』就是遠端指令者不清楚現場操作員的動態及狀況，現場操作員跑錯盤且插錯 PK-2 後，操作者自己不知道，遠端指令者也不能確認，未能達到雙重校核的手段。本公司電力系統之 PK-2 遠端增設監視系統及現場增設 PK-2 狀態警示燈，無形中可達到『自護、互護、監護』的工安理想境界,可大幅度降低因 PK-2 忘記插入、插錯、誤抽出而造成的損失，進而達到顧客滿意度的提高，達到因 PK-2 造成的事故率降為『零』，正是愚巧手法的展現。

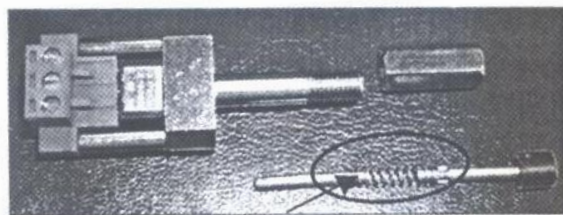
一、改善對策實施

(一) 改善對策一：遠端主控室增設 PK-2 狀態監視系統

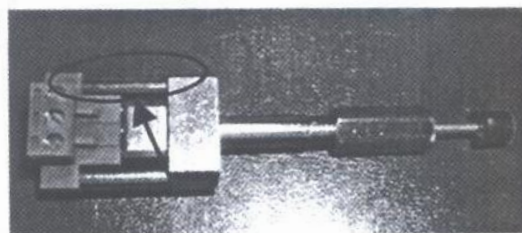
編號	名稱	狀態	備註
11001 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11002 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11003 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11004 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11005 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11006 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11007 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11008 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11009 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11010 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11011 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11012 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11013 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11014 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11015 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11016 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11017 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11018 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11019 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11020 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11021 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11022 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11023 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11024 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11025 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11026 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11027 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11028 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11029 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11030 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11031 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11032 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11033 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11034 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11035 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11036 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11037 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11038 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11039 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11040 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11041 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11042 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11043 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11044 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11045 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11046 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11047 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11048 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11049 TKA	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成
11050 TQP	區內電網檢修	正常	饋線檢修完成

(二) 改善對策二：開發 PK-2 進階取樣開關

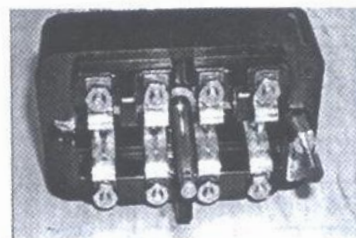
開發進階取樣開關方式



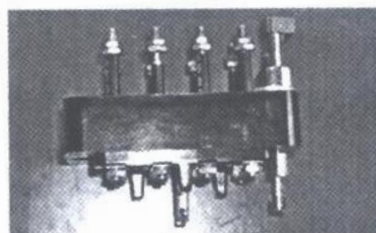
增加衝程 10mm 的改進做法



防止過衝程的做法



改善前



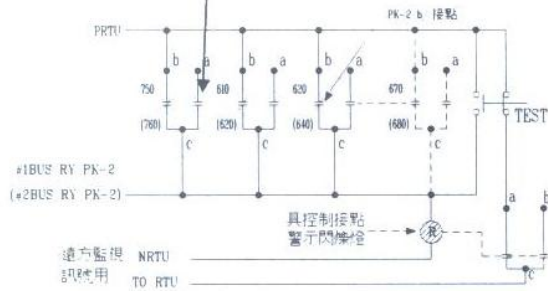
改善後

創意來源：汽車門未關妥時，駕駛室儀表板有顯示燈

無阻礙問題：最適對策

現場增設警示燈及遠端監視系統改善構想

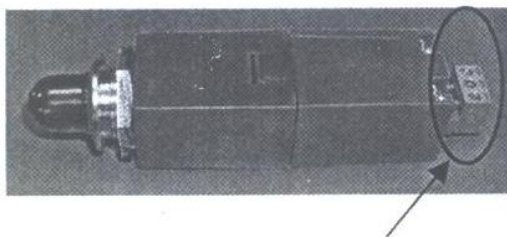
(1) 匯流排之各 PK-2 增設進階取樣開關	(3) 進階取樣開關之 b 接點接成 OR 回路
(2) PK-2 進階取樣開關均具有 a、b 接點	(4) 現場盤面增設警示燈



適對策效果實驗確認：

5W	說明	驗證結果	實驗日期
WHY	防止因 PK-2 未(誤)插入造成匯流排停電	現場相關盤面的 PK-2 抽出後，現場警示燈動作，遠方主控室有抽出訊號	91.10.14
WHEN	91.08.06		
WHERE	霧峰變電所		
WHO	負責人：楊嘉榮 協辦人：張景華		
WHAT	PK-2 取樣開關		
現場增設警示燈及遠端監視系統 (91.10.14)			

(三) 改善對策三：現場盤面增設 PK-2 狀態警示燈
改善方式：使用具控制接點省電閃爍指示燈



1NO/1NC (1 常開/1 常閉) 接點

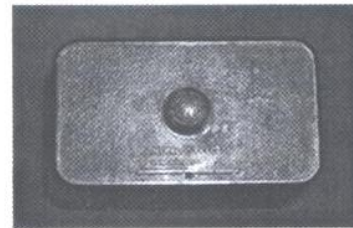


閃爍指示燈電源輸入端子

無阻礙問題：最適對策

(四) 改善對策四：PK-2 蓋子增設連體插梢

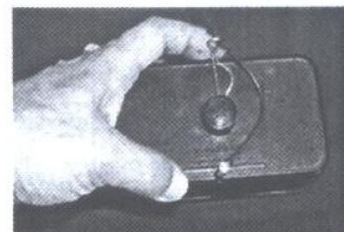
改善方式：使用彎 90 度的 R 形連體插梢



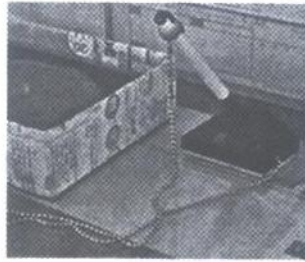
在防呆裝置處鑽孔攻牙



定連體橡膠皮帶



穿入彎 90 度的 R 型插梢



創意來源

服務台之原子筆



老花眼鏡之固定方式

無殘留問題：最適對策

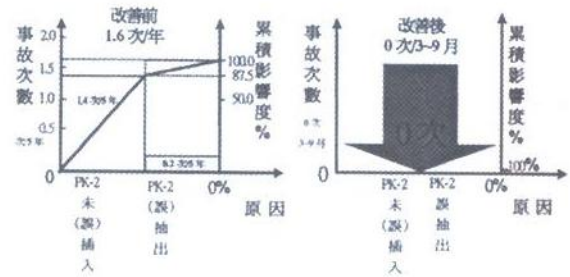
『國內保護電驛專家』測試：

91年01月18日配合中華民國電驛協會理監事大會，由國內保護電驛專家們測試效果良好。



九、效果確認

(一) 改善前後之柏拉圖比較



(二) 目標達成度檢討

$$\text{目標達成度} = \frac{\text{現狀值} - \text{實績值}}{\text{現狀值} - \text{目標值}} = \frac{8 - 0}{8 - 0} = 100\%$$

$$\text{進步率} = \frac{\text{現狀值} - \text{實績值}}{\text{現狀值}} = \frac{8 - 0}{8} = 100\%$$

(三) 有形成果

1. 減少因 PK-2 未插入造成之事故損失 (如附件二)

影響供電量(度)	影響發電量(度)	合計影響發供電量(度)	金額
70,386	36,051,800	36,122,186	3.0 元 × 36,122,186 度 = 108,366,558 元

(四) 水平展開

1. 改善完成 PK-2 增設取樣開關及警示閃爍燈系統

變電所所別	改善日期	數量	改善者
霧峰變電所	91.10.16	44 只	楊嘉榮、張景華、李志杰
十甲變電所	92.02.18	94 只	楊嘉榮、洪玉英、張景華
水湳變電所	92.01.21	37 只	楊嘉榮、楊儒進
工甲變電所	92.04.23	42 只	楊嘉榮、洪玉英、楊儒進、張景華
工乙變電所	92.04.25	37 只	楊嘉榮、洪玉英、楊儒進、張景華

2. 改善完成 PK-2 增設彎 90 度的 R 形
不銹鋼連體插梢的變電所：

變電所所別	改善日期	數量	改善者
霧峰變電所	91.10.16	140 只	楊嘉榮、張景華、李志杰
豐樂變電所	91.12.17	50 只	楊嘉榮、洪玉英、張景華
中市變電所	92.01.02	142 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
彰化變電所	92.01.03	158 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
翁子變電所	92.01.07	145 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
中港變電所	92.01.08	257 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
埔里變電所	92.01.14	130 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
水湳變電所	92.01.21	37 只	楊嘉榮、張景華、李志杰
員東變電所	92.01.29	50 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
十甲變電所	92.02.18	94 只	楊嘉榮、洪玉英、李志杰、張景華
工甲變電所	92.04.02	96 只	楊嘉榮、洪玉英、張景華、楊儒進
工乙變電所	92.04.23	96 只	楊嘉榮、洪玉英、張景華、楊儒進
合計		1395 只	

(五) 無形成果：

1. 解決國營會來函限期改善壓力的滿足及喜悅感。
2. 確保防止匯流排事故再發，使忘記插入 PK-2 之人為事故，在『臺電系統』消聲匿跡。
3. 貫徹事故「不二過」理念，消除環境不安全因素，提高工作安全。
4. 主控室的監視螢幕有 PK-2 的狀態點及現場警示燈，確實做到雙重校對（DOUBLE CHECK）功能，消除主控室與現場之誤解。

(六) 持續舉辦 PK-2 取樣開關說明會：

日期	時間	地點
91/08.27	上午 09 時~11 時	本處運轉課
91/09.27	上午 09 時~11 時	本處運轉課
91/10.21	下午 14 時~16 時	南投超高壓變電所
91/11.06	下午 14 時~16 時	霧峰變電所控制室
91/11.08	上午 09 時~11 時	台中區營業處簡報室
92/01.18	下午 13 時~17 時	高屏供電區營運處簡報室
92/02.21	下午 13 時~16 時	彰化變電所
92/03.21	下午 13 時~16 時	鐵路局彰化機務段

附件一

經濟部國營事業委員會 函

受文者：台灣電力股份有限公司

速別：最速件

密等及解密條件：

發文日期：中華民國九十一年二月二十五日

發文字號：經國二字第〇九一〇〇〇二九九七〇號

附件：速報表

主旨：貴公司台中供電區營運處九十一年二月二十三日霧峰一次變電所工作停電復電操作時因 760 PK-2 插入不完整，致六九仟伏轄區全停電事故一案，請確實檢討停電原因並研提改善對策，如強運轉維護訓練，以防範類似事故再發生，請查照。

正本：台灣電力股份有限公司
副本：

機關地址：台北市中正區寶慶路二十五號
傳真：(〇二)二二三三一五九四四



執行長 吳 璿 盛

依照分層負責規定授權單位主管執行

歷年(75年~91年)PK2 事故統計表

項目	年度	故單	障位	日期	影響供電 KWH	影響發電 MWH	備註
1	75	核一廠		9/14 9/15	0	0	3620 投入前 BUS RY CT'S PK2 忘記插入引起 BUS RY 動作。
2	76	汐止		1/8 1/9	0	0	3630BUS RY 第一~2 組之 C.T PK~2 斷損。
3	76	中港		11/28	0	0	進行 3521LE 機構試驗,3510LE 投入前未拔出 PK~2,中寮一路 T 相出口端臨時接地。線隨風搖晃,造成 T 相 Ry 動作。
4	77	屏東		3/27	1916	0	910 內檢時 PK~2 誤插在備用位置引起母線電驛動作。
5	78	霧峰		2/13	0	0	680 CT 二次回路 PK-2 螺絲斷裂。
6	79	核一廠		5/26 5/29	0	34759.8	3640 工作完畢操作復原時,母線電驛 PK-2 未復原。
7	81	蘆洲		6/18	7990	0	#2DTR.之 87RY 用 PK-2 R 相螺絲斷裂造成 87RY 誤動作,使#2DTR.跳脫。
8	82	汐止		12/6	0	0	3590 PK-2 螺絲斷裂。
9	83	天輪		7/11 7/12	0	0	3620CT 之 PK-2 中心螺絲斷裂
10	84	協和		4/12	0	1292	G2 主斷路器 3660 之 CT PK-2 冒火花,處理中引起跳機。
11	87	蘆洲		4/8	22400	0	#750PK-2 誤插入#810 位置,致負載過大後 69KV #1BUS Ry 動作跳脫三次。
12	87	翁子		12/16	0	0	#811~812 間接地中,#812 投入中狀態下 600TIE 投入加壓#2BUS 引起事故
13	87	中寮		10/14	0	0	#4BUS 第一套 BUS Ry PK-2 未插定位。
14	89	林口		2/16	0	0	1800CB 試驗後復電操作其差動電驛之 PK-2 引起動作,#2、#4 母線跳脫。
15	89	銅門		11/16	4170	0	停電作業應將#630PK2 抽出,誤將 #640 PK2 抽出導致銅門全停。
16	90	核二		9/16	0	0	汐止二路工作畢復電,值班員未將 CT 測試插頭插入,#1、#2 母線跳脫。
17	90	卓蘭		6/9	0	0	包商作保護電驛試驗未將電驛隔離引起二次側 110 之 BF 電驛跳脫。
18	90	明潭		12/19	0	0	#3530 PK2 插入時,因盤面較寬震動太大致 BUS 電驛動作。
19	90	立霧		12/13	7330	0	母線電驛用 CT 迴路接線端子相互碰觸,造成母線電驛動作跳脫。
20	91	霧峰		2/23	26580	0	#1BUS RY #750 PK-2 誤插入#1 主變#750PK-2 引起 69KV#1 母線跳脫
累計損失合計					70,386	36,051.8	70,386+36,051,800 = 36,122,186 度×3.0 元/度 = 108,366,558 元 = 108,366.558 仟元