

淺談 SEL-487B 匯流排保護電驛功能與應用

台電供電處 李國楨

壹、概述

SEL-487B 電驛係美國 SEL 電驛廠家晚近研發製品，歸屬數位式智慧型匯流排保護電驛，其設計除涵蓋傳統的匯流排差流量測保護理念外，另設進（出）匯流排電流方向性量測及隔離開關切換重新配置差流元件、斷路器跳脫失靈保護，建構在兩獨立量測元件必須先取得協同一致，再引發跳脫信號。

確認下列量測元件組合其中之一，可視為匯流排發生故障必須執行跳脫相關斷路器，以符合保護電力系統持續穩定與安全運轉之需求：

1. 雙元差流元件組合(主區間加上檢驗區間)，即 87B1+87B 或 87B2+87B 動作。
2. 差流元件及方向性元件組合(主區間加上方向性元件)。

上述任一組合各有優劣，雙元差流元件組合(僅電流幅值比較)對 CT 飽和之反應，要比方向性元件更顯略遜一籌，但第二組合之方向性元件(採電流相位比較)性能對高阻抗接地故障，卻呈現相當弱勢。

CT 飽和狀況涉及電網之故障電流偏高，若選用劣質 CT 將更助長勵磁電壓反易導致飽和。而在增設阻抗接地之電網裏，所有接地故障均屬高阻抗事故性質，雖然匯流排保護電驛可能在初始電網設計，已正確選擇電網參數，但電網變動可能對電網參數潛藏不利的影響，例如：線路擴增或減少電源阻抗將產生更高的故障電流，此舉迫使變電所所內接地網趨向惡

化，長此以往，對所有的接地故障可能造成更高的故障阻抗。

新穎的匯流排保護電驛不但其保護元件包括允准各式各樣的電網參數，而且無論電網參數變更與否，這些元件必須保證持續的、不妥協的完備性能。

一般而言，匯流排保護電驛必須蘊涵下列性能必備條件：

1. 針對所有的匯流排內部故障，電驛動作迅速確實。
2. 針對匯流排外部故障，含 CT 嚴重飽和情況下，仍安穩不受影響。
3. 針對各式各樣的擴展性故障，具備最小的緩衝時間。

SEL-487B 型(匯流排)保護電驛在所有的電力系統運作，其性能均符合上述必備條件，此電驛配備六套匯流排保護元件，可建構高達六個匯流排保護區間，且各個匯流排保護元件皆由下列三個元件組成：

1. 運用相量(phasor)值之差流元件；
2. 運用相量(phasor)值之方向性元件；
3. 故障檢測(Fault Detection)邏輯應用擷取瞬間電流。

圖 1 說明六個匯流排保護區間其中一方塊圖，六保護區共有 18 組電流輸入端，本圖僅引接其中 2(I01 與 I02)組作摘要論述，值得一談的是：此電驛可承受各 CT 不同匝比，其不協調差異程度可高達 10:1 比值，差動元件係以標么 (per unit) 值計算方式執行，因此運用最高 CT 匝比 (CTR_{MAX}) 作為參考值，將輸入電流從安培轉換成標么值，電驛計算運用公式 1 將

每一電流輸入端換算為常態因數值(TAP)。

公式 1 $TAP_{nn} = (CTR_{MAX} \times I_{NOM}) / CTR_{nn}$ (以電流值表示)

此處 TAP_{nn} 為每一輸入電流從安培轉換成標么之 TAP 值(nn=01 至 18)

CTR_{MAX} 為所有設定引至匯流排保護區間之最高 CT 匝比

I_{NOM} 為正規的 CT 二次側電流(1A 或 5A)

CTR_{nn} 為電流端實際選用 CT 比值

如以標么值計算公式 1 可改寫成公式 2

$InnCR = Inn/TAP_{nn} pu$

此處 $InnCR$ 表示端子 I01 至 I18 之標么值電流

Inn 表示端子 I01 至 I18 之各電流安培值

Pu 表示標么值

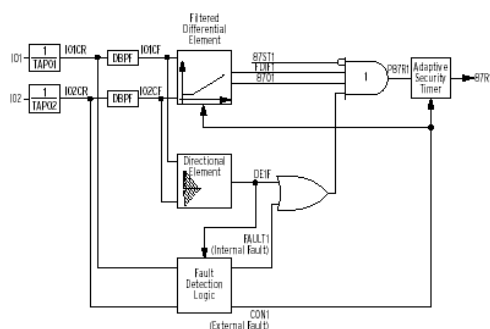


圖 1 SEL-487B 匯流排保護元件 1 之方塊圖

圖 1 為匯流排保護元件 1(隸屬電驛內部可用的 6 個保護組件之 1)，擁有 18 組電流輸入端，圖示 I01 與 I02 電流輸入係引自端子編號 I01 與 I02。

濾波差流元件(filtered differential unit)將端子編號 I01~I18 輸入電流計算出

動作電流量及抑制電流量。方向性元件(directional unit)評比電流進/出匯流排，實務上係選擇同一保護區內某一電流流向為參考方位，再取其他的電流作方向比較，以計算出故障點方向；另有數個元件整合成故障檢測邏輯辨認匯流故障究屬內部(FAULT1)抑或外部(CON1)兩者差異關係。

內部故障元件(FAULT1)另擁有靈敏的差流元件(87ST1)監督濾波差動元件，其與方向性元件(DE1F)經由 OR 閘輸出引供輸入 AND1 閘之必備條件之一，AND1 閘輸出(P87R1)驅動適度安全計時器，有效管控匯流排保護元件最終輸出(87R1)。

上述邏輯論述並未談及檢驗區間(check zone)，而六個匯流排保護元件中任何一個均可簡易地被配置作為檢驗區間，此種彈性作法大大地增加雙元差流(主區間與檢驗區間)元件搭配組合之應用機會。

一、濾波差流元件

圖 2 濾波差流元件 1(僅端子 01 和 02 接入本元件)，其餘另 5 個濾波差流元件餘類推之，將數位帶通濾波器 DBPF(餘弦濾波器)輸出量引入濾波差流元件，以計算出抑制量 IRT1 及動作量 IOP1，其中

$$\text{公式 3 } IRT1 = | I01CF | + | I02CF |$$

$$\text{公式 4 } IOP1 = | I01CF + I02CF |$$

此處 I01CF 及 I02CF 取自 I01CF、I02CF 端子且經濾波之標么電流值

圖 2 方塊圖說明元件須要先獲得差動量及抑制量，再引用到濾波差流元件，輸出差流計算 FDIF1 電驛字元，當差流量超過 O87P 門檻值時，電驛字元 87O1 發出警訊，FDIF1、87O1 兩電驛字元構成濾波差流元件之特性。

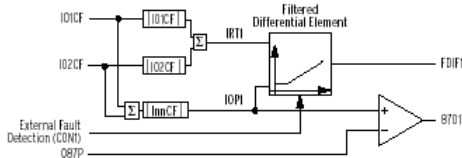


圖 2 受過濾波差流元件 1

圖 3 說明差流元件之特性如同一直線經過原點之式子：

公式 5 $IOP1(IRT1) = SPL1 \cdot IRT1$

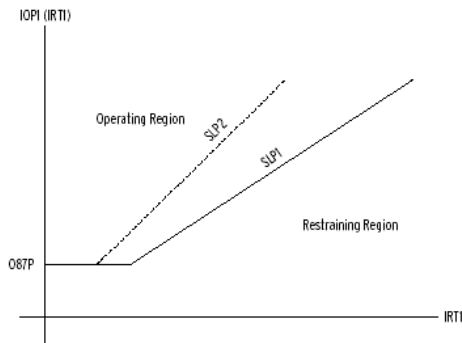


圖 3 受過濾波差流元件特性圖

動作量 IOP1 超過臨界邊際 O87P 且落入圖 3 動作區域內時，則圖 2 濾波差流元件將排放一輸出，圖 3 設定有 2 不同斜率之直線，其中斜率 1(SLP1)代表實際的內部故障，另斜率 2(SLP2)代表實際的外部故障。更改斜率值時，首先賦予事前的標置由設定 EADVS:=Y 著手，然後處理變更斜率值，否則只能使用表 1 之內建標置值。

表 1 說明濾波差流元件之內建標置值

標置	抑制差流元件項目	範圍	內建值
O87P	抑制差流元件始動	0.1~4pu	1.00pu
SPL1	抑制斜率 1 部分	15~90%	60%
SPL2	抑制斜率 2 部分	15~90%	80%

二、方向性元件

SEL-487B 電驛擁有方向性元件可監測濾波差流元件，尤其是在外部故障巧遇嚴重的 CT 飽和狀況，適時地提供額外安全的監督量測濾波差流元件，六具匯流排管保護元件中每一具均備有方向性元件，特殊地制約差流元件後果。

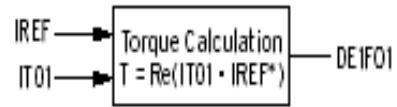


圖 4 運用方向性元件之力矩尋求故障方位

方向性元件可選用同一匯流排之具備合格的某電力設備端電流流向為參考端，對照該匯流排其他電力設備端之電流方向，評判為同相(in phase)或異相(out of phase)。合格的端子電流值應大於 50DSP 門檻值，實際上電驛會選擇匯流排中某一支流作為參考端，電驛每回運算均取他支電流 ITO1(複數型)與參考端電流 IREF(複數型)兩者共軛乘積之實數部分，如圖 4 所示。

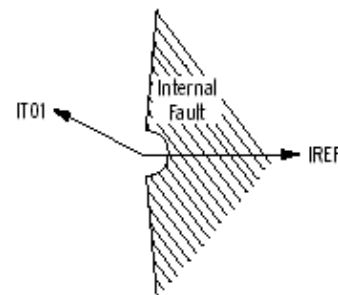


圖 5 方向性元件特性,陰影面積表示內部故障

圖 5 描繪出方向性元件特性，陰影區域表示匯流排管內部故障，此時電驛示現非參考端電流 ITO1 之流向，恰巧與參考端電流 IREF 流向趨向一致，方向性元件開始運作，而 ITO1 與 IREF 兩個端電流至少在保護區間內必須超越 50DSP 之門檻值。前述參考端電流係藉由區間選擇邏輯來完成選取對象，例如圖 6 考量在同一保護區間有 4 個電流輸入端子標示為 I01CF、I02CF、I03CF、I04CF，假設 I04CF 輸入電流未達到 50DSP 臨界值，首先方向性元件決定各端子電流是否大於 50DSP 門檻值，則本案例電驛只會選擇 I01CF、I02CF、I03CF 作進一步處理，假設本電驛自選 I01CF 作為參考端電流 (IREF)，則將進一步與 I02CF(IT02)、I03CF(IT03) 電流流向互相比較，結果如圖 6 終端輸出 DE1F 示現 IT02、IT03 兩者對 IREF 電流流向，其響應恰如圖 5 所示方向性元件特性相符，表 2 為 SEL 電驛廠家設定方向性元件內建值。

表 2 方向性元件內建標置值

設定	方向性元件	範圍	內建值
50DSP	方向性元件過流監測啟動	0.05~3.0pu	0.05pu

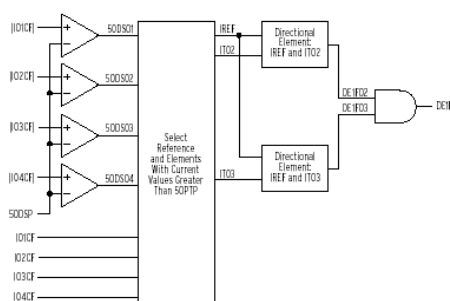


圖 6 方向性元件邏輯圖

三、故障檢驗邏輯

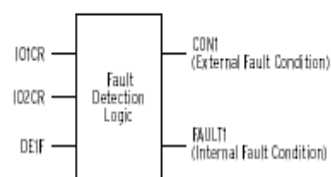


圖 7 故障檢測邏輯能辨別故障歸屬於內部或外部

故障檢驗邏輯具備能力辨識外部故障(藉運用外部故障偵測邏輯)及內部故障(藉運用內部故障偵測邏輯)，如圖 7 所示當故障偵測邏輯偵檢出外部故障時，電驛字元示現 CON1；如檢測出內部故障時，電驛字元示現 FAULT1。此偵檢邏輯內之元件係檢驗瞬時電流標么值計算抑制量 (IRT1R)與動作量(IOP1R)，其定義如下：

$$\text{公式 6 } IRT1R = |I01CR| + |I02CR|$$

$$\text{公式 7 } IOP1R = |I01CR + I02CR|$$

此處 I01CR 與 I02CR = 端子 01 與 02 個別瞬時電流標么值，兩者分別建構 IRT1R 及 IOP1R 故障偵檢邏輯，如圖 8 方塊圖所示。

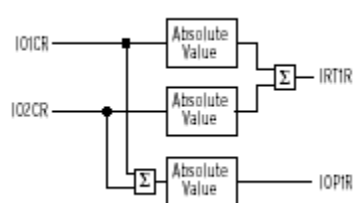


圖 8 故障檢測邏輯獲取抑制及動作量

四、外部故障檢驗邏輯

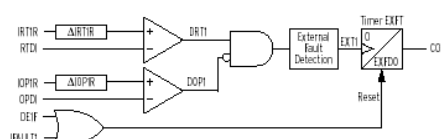


圖 9 外部故障檢測邏輯圖

通常內部故障時，動作電流與抑制電流均同時增加；外部故障時假設 CT 未飽和，則僅抑制電流增加，因此藉著比較動作電流改變($\Delta IOP1R$)對抑制電流改變($\Delta IRT1R$)，電驛可檢測出外部故障狀況。由於 CT 在外部故障期間可能會飽和，故在檢測出外部故障之後，電驛示現外部故障狀況(電驛字元 CON1)達 60 周波(EXFDO 延時設定)，詳如圖 9 所示。此示現 60 周波能夠對擴展性故障(此處故障開始為外部故障，緊接著發展成內部故障)延緩電驛動作，但當方向性元件(DE1F)檢驗出擴展性故障或內部故障偵檢邏輯(FAULT1)確認出內部故障，任何一種狀況均可復歸 CON1，以防範延緩跳脫過度制約跳脫行動。

當電驛檢測出外部故障時，示現電驛字元 CON1 管控電驛動作模式，常態時電驛動作並不示現 CON1；但當示現 CON1 時，此時電驛轉變為高檔安全模式運作，高檔安全引發電驛運作如下：(1)如圖 3 中低斜率 1 改變為高斜率 2；(2)適度安全時間延遲之計時將增長，重設 CON1 自高檔安全模式釋放及恢復正常設定值。

表 3 說明外部故障偵檢邏輯內建標置

標置	抑制差流元件	範圍	內建值
RTD1	增長抑制電流門檻	0.1~10pu	1.2pu
OPD1	增長動作電流門檻	0.1~10pu	1.2pu

如欲變更門檻值，首先選用閒置的標置族群來標定，再利用 EADVS:=Y 完成更改設定。

五、內部故障檢驗邏輯

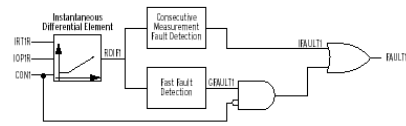


圖 10 內部故障檢測邏輯圖

關於內部故障檢驗邏輯，本電驛運用某一特性類似濾波差流元件，如圖 10 所示本邏輯包含瞬時差流元件及連續不斷的量測故障檢驗邏輯，從瞬時差流元件輸出 RDIF1，輸入至連續不斷的量測故障檢驗邏輯和快速故障檢驗邏輯。當差流仍續存在於連續不斷的量測值，並較瞬時差流元件示現後仍維持半周波，此時連續不斷的量測故障檢驗邏輯即時判定內部故障發生，並示現 IFAULT1 電驛字元。

假如突波(閃絡)避雷器被裝設於匯流排管，當這些設備導通時，提供一接地路徑，造成差流元件內有動作電流。快速檢驗邏輯檢定動作電流加上延時供鑑定該動作電流究屬發出自突波避雷器導通，抑或出自於內部故障兩者間之差異。如快速故障檢驗邏輯檢測出內部故障，電驛字元 GFAULT1 隨即示現。

六、保護元件輸出邏輯

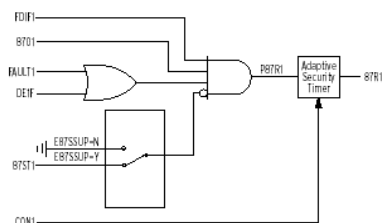


圖 11 差流元件輸出：最終狀況及適度的安全時計

圖 11 說明有 4 種狀況從電驛量測及控制邏輯，這些邏輯必須完成啟動安全時

計(最後階段示現保護元件電驛字元 87R1)。

1. FDIF1 從濾波差流元件輸出；
2. 87O1 從濾波差流元件門檻輸出；
3. 某一輸出自方向性元件(DEIF)或內部故障檢驗邏輯(FAULT1)兩者之一；
4. 無輸出信號出自於靈敏差流元件(87ST1)加上 E87SSUP:=Y。

當上列 4 項差流元件輸出邏輯情況相符合，輸出 P87R1 啟動適度安全計時器，當 CON1 示現時(即宣告外部故障)，CON1 也同時控制安全計時器之延遲行動，電驛增添 0.4 周波延遲，為本保護元件增加安全餘裕量。

貳、靈敏差流元件

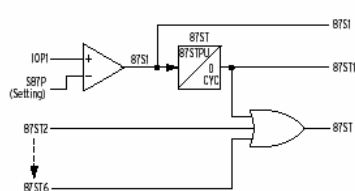


圖 12 靈敏的差流元件(87S)

在六個保護區間中任一區間，靈敏差流元件檢測差流值來自 CT 開路或短路情況，假如此一情況超過所設定時間延遲，則該元件將警示鳴報。每個保護區間配有一瞬時 87S1 及一延時 87ST1 兩者電驛字元；其中 87ST1 作為警報及監視用途，而瞬時 87S1 信號輸出係每個靈敏差流元件之動作量 IOP1 在大於 S87P 門檻值時。本(靈敏差流)元件狀態為圖 12 輸入邏輯 4 種情況中之一要素，假如設定 E87SSUP:=Y，則輸出 87STn 執行監視差流保護元件；如設定 E87SSUP:=N，則 87STn 不執行監視差流保護元件 87Rn，設定前述標置時僅移除監視功能，但未解除本元件，除外本元件仍可實

質運作於發出警報等其他功能。

靈敏差流元件可能在特殊負載情況下，如事先未作適宜設定值處置可能不當啟動，為規避此類失誤情事發生，可設定此類差流啟動門檻值高於變電所常態不平衡電流幅度 50%，須確認前提不平衡電流幅度係為該變電所已知最惡劣之狀況，運用 MET DIF 指令解讀每一保護區間動作電流標么值。

參、保護區間監視邏輯

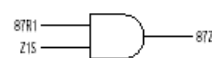


圖 13 保護區間監控邏輯

本邏輯於跳脫信號輸出前，提供最後的監控準則，圖 13 所示差流元件邏輯實用功能在所有六個差流元件均同，其中 87R1 為差流元件輸出電驛字元，另 Z1S 為 SELogic 在保護區間內配置設定之控制方程式，差流跳脫邏輯輸出使用 87Z1 電驛字元來表示，以決定哪個端子跳脫？(其流程圖如圖 28 所示)應注意的是：如標定 E87ZSUP:=N，則設定 ZnS 為邏輯 1，此設定防止未留意閉鎖差流元件；如設定 E87ZSUP:=Y，則賦予監控所有六個保護區間，若電驛人員如不願某一特殊區間受制監控，應確定暫時輸入 a1 在 SELogic 控制方程式。

設定 Z1S 為 SELogic 控制方程式，電驛人員可規劃監控差流元件 87R1，譬如可設定標置進入檢驗區間差流元件，再檢視該區間配置之輸出端，假想：區間 6 被佈署為一檢驗區間且 87R6 為其輸出，檢驗區間及靈敏差流元件兩者必須監視 87R1 元件，加上 E87SSUP:=Y，87ST1 即備妥包含差流元件監視功能，僅須檢驗區間資料被要求 Z1S:=87R6。

表 4 示意區間監視內建設定值

標置	設定項目	範圍	內建值
E87ZSUP	差流元件區間監視	Y 或 N	Y
Z1S	區間 1 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1
Z2S	區間 2 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1
Z3S	區間 3 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1
Z4S	區間 4 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1
Z5S	區間 5 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1
Z6S	區間 6 監視(SELogic 控制方程式)	SV ^a	1

SV^a=SELogic 可變的控制方程式

肆、動態區間選擇邏輯

匯流排保護涉及指定適量的輸入電流值至相應的差流元件，俾利演算每區間的動作及抑制量，並尋求於匯流排差流動作跳脫斷路器，抑或斷路器跳脫失靈時轉供後衛保護。為求變電所配置更具彈性運用空間，如無法與匯流排保護取得妥協辦法時，當變電所配置更動，本電驛動態重新指定輸入電流至適量的差流元件，在此情況下變電所開關場之隔離開關、斷路器輔助接點，頗能典型的提供變電所配置現況資訊，在控制輸入之前，應進入電驛 SELogic 控制方程式，藉由這些 SELogic 控制方程式來估算區間選擇邏輯指定電流至適當的差流元件，當隔離開關以此一方式閉合，即完整的連接存在於兩(或更多)區間之中，兩區間合併後僅視為一個活動區間，是故區間合併後通常為最低數，例如區間 3 和區間 4 合併，則區間 3、4 保護範圍交互涵蓋，兩者合併為單一區間。

當 SELogic 控制方程式代表電路端引

入匯流排區間時，該邏輯變成 1，區間選擇演算處理電流值被連結到特殊端，參閱表 5 當方程式邏輯為 0，電流值既不被處理，亦不被考慮差流計算中，實務上也涵蓋跳脫不輸出，即當 SELogic 控制某電路端方程式邏輯為 0 時，則差流元件不會發出跳脫該電路端之信號。

表 5 隨著分段開關運作狀態被指定到差流元件之電流值

SELogic 控制方程式	隔離開關狀態	差流計算之涵義
I01BZ1V: = D891	= 1(閉合)	I01 為差動匯流排區間 1 之部分
I01BZ1V: = D891	= 0(開啟)	I01 不為差動匯流排區間 1 之部分

此處

I01BZ1V = SELogic 控制方程式表示狀況，當電路端 1 引接至匯流排區間 1。

D891 = 引自電路端 1 隔離開關輔助接點，隨著隔離開關一致改變狀況。

實際上配置變電所，區間選擇演算法則需要下列資料：

1. 所有電路端子引到匯流排區間接線，IqqBZpV
2. 匯流排區間交相連接，BZpBZpV(連絡斷路器)

此處 qq=01~18(端子 1 到端子 18)

p=1~6(匯流排區間 1~6)

IqqBZpV 及 BZpBZpV 兩者均 SELogic 可變的控制方程式，工程人員如需進入電驛時，可使用 SET Z 指令設定。

區間選擇

在每一保護過程間隔，電驛進行區間選擇演算及確立適當的區間切換運作 (ZSWOPp)，當任一 IqqBZpV (端子連接到或不連接到某一匯流排區間) 或 BZpBZpV (兩個或更多匯流排區間被連結在一起) 有狀態改變時。

根據 SELlogic 控制方程式 IqqBZpV 及 BZpBZpV，區間選擇邏輯判定如下：

1. 匯流排範圍將被包含於每一保護區間
2. 運轉中電路端子將被包含於每一保護區間
3. 電路端子跳脫係受差流的與斷路器跳脫失靈的保護觸發驅動

表 6 區間選擇邏輯內電驛字元

數量	說明
ZSWOPp	啟動下列某一切換：在區間 p 內對匯流排區間到匯流排區間或端子到匯流排區間任一情形
ZONEp	匯流排區間 p 差流電驛係有效的
IqqBZpV	電路端子 qq 連線到 BZp
BZpBZpV	BZp 與 BZp 間保持連線
ZNpIqq	電路端子 qq 連線到區間 p
ZNpIqqT	電路端子 qq 連線到區間 p 且將被連帶跳脫
BZpBZpR	BZp 與 BZp 間保持連線且交鏈被移除
ZpBZp	匯流排區間 p 為保護區間 p 之一部分

伍、瞬間電壓元件

某些保護理念需要電壓監視作為跳脫要因，故本電驛提供負序電壓及零序兩電壓元件且各擁有兩準位設定，以滿足使用者需求，除外還同樣地提供三相電壓之各相過壓及欠壓兩準位設定。

按照 ABC 三相旋轉順序，電驛使用各相瞬間電壓，取自餘弦 (cosine) 濾波 (V01F, V02F, V03F) 計算出相電壓幅值及相角，如表 7 所示。

表 7 三相濾波瞬間電壓幅值及相角

相量	說明	單位
V01FIM	相濾波瞬間電壓幅值	伏特
V01F1A	相濾波瞬間電壓相角	度
V02FIM	相濾波瞬間電壓幅值	伏特
V02F1A	相濾波瞬間電壓相角	度
V03FIM	相濾波瞬間電壓幅值	伏特
V03F1A	相濾波瞬間電壓相角	度

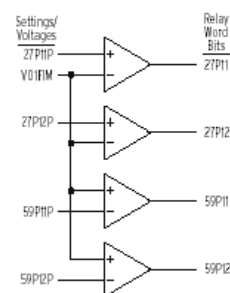


圖 14 相電壓 V01 兩相異電壓設定 1 和 2 之過壓及欠壓元件

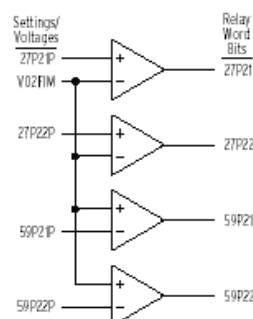


圖 15 相電壓 V02 兩相異電壓設定 1 和 2 之過壓及欠壓元件

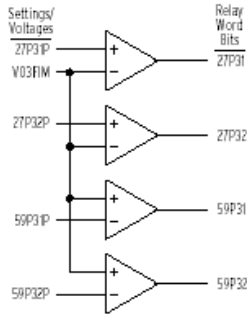


圖 16 相電壓 V03 兩相異電壓設定 1 和 2 之過壓及欠壓元件

圖 14~16 說明三相電壓 V01、V02、V03 之過壓及欠壓兩種電壓元件之邏輯，圖中標示 FIM 表擷取電壓電路之濾波瞬間值，被歸屬於資訊用途，電驛應用方面可指示特殊的電壓值。

欠壓元件邏輯比較輸入電壓 V01FIM 與始動標置 27P11P，如前者電壓幅值低於後者設定值，則電驛字元 27P11 動作；反之高於設定準位，電驛字元 27P11 不會出現，同樣另一獨立的 27P12 元件，可設定不同於 27P11P 的始動值來應用。同理 59P11 為過壓元件邏輯始動標置，輸入電壓 V01FIM 大於 59P11 標置，則電驛字元 59P11 動作，低於標置值時則不動作，另有獨立的 59P12 元件可供設定不同於 59P11 始動值來應用。

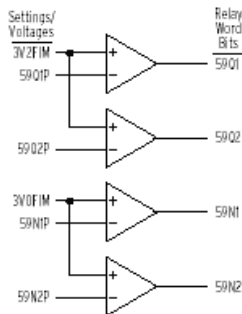


圖 17 兩相異電壓設定 1 和 2 之負序成分與零序成分電壓元件

圖 17 說明負序電壓與零序電壓檢測邏輯原理，從三相電力系統引出三相電壓接線，使用相同的餘弦(cosine)濾波輸出電壓(V01F、V02F、V03F)，再檢測出其負序電壓與零序電壓如下：

公式 28 $3V0F = V01F + V02F + V03F$

公式 29 $3V2F = V01F + a^2V02F + aV03F$

此處 $a = 1 \angle 120^\circ$

表 8 負序與零序濾波瞬間電壓值

數量	說明	單位
3V2FIM	負序電壓濾波瞬間電壓值，3V2	V(sec)
3V0FIM	零序電壓濾波瞬間電壓值，3V0	V(sec)

圖 17 負序電壓與零序電壓邏輯電路運用比較各別始動標置 3V2F、3V0F，當輸入電壓大於各別始動標置值時，負(零)序電壓元件動作，電驛字元 59Q1 (59N1) 示現，另再設 59Q2、59N2 各一組電壓元件供設定不同始動標置應用。

表 9 說明 V01 相電壓標置準位 1 和 2 之資料，搭配欠壓與過壓元件，V02、V03 亦擁有相同之標置。

表 9 相電壓瞬時欠/過壓元件

標置	標置說明	範圍	內建值
27P11P	V01 相電壓標置 1 欠壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
27P12P	V01 相電壓標置 2 欠壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
59P11P	V01 相電壓標置 1 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
59P12P	V01 相電壓標置 2 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF

表 10 相序過壓元件

標置	標置說明	範圍	內建值
59Q1P	負序電壓標置 1 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
59Q2P	負序電壓標置 2 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
59N1P	零序電壓標置 1 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF
59N2P	零序電壓標置 2 過壓始動(伏特)	OFF,1.0-200	OFF

陸、開相檢測邏輯(Open Phase Detector Logic)

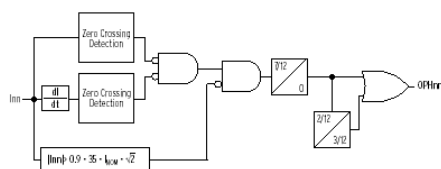


圖 18 斷路器跳脫開啟各相檢測邏輯

在斷路器啟斷清除某一故障或負載擾動之後，匯流排電驛從阻止 CT 激磁回路獲致合成電流趨向平靜，此電流呈指數型衰減且延緩斷路器失靈保護瞬時電流元件之復原，斷路器失靈保護需要快速檢測斷路器各相啟斷狀態，以確保瞬時電流元件快速復原，圖 18 說明 SEL-487B 電驛之開相檢測邏輯，在 1 周波內示現 OPHnn(n=01,02...18)，甚至於電流趨向平靜狀況期間。此邏輯量測各相電流之零位相交及極大與極小值，當邏輯因前述量測在電力系統 7/12 周波內未偵測到零位相交或電流值時，電驛顯示斷路器跳脫啟斷狀態。

柒、斷路器失靈保護

SEL-487B 電驛擁有完整的斷路器失靈保護，包括再跳脫相關 18 端之任一斷

路器，本保護運用前述之開相檢測邏輯，提供次周波(subcycle)電流復原，減少斷路器失靈協調時間，下列兩選項對斷路器失靈保護相當實用，茲略述於後：

- (一)保護體系裝設有外加斷路器失靈保護，此 50BF 體系劃歸匯流排區間保護(由斷路器失靈電驛盤端子輸出)，控制 SEL-487B 電驛僅需作出區間選擇，及其輸出接點跳脫相關斷路器。
- (二)保護體系使用 SEL-487B 電驛之內建斷路器失靈保護，須引進斷路器失靈啟動(通常為一跳脫輸出)指令匯流排電驛，SEL-487B 電驛包括斷路器失靈邏輯，區間選擇及輸出接點動作相關斷路器。

單獨地應用上述任一選項，或同時選用兩項組合於同一變電所內，例如：饋線盤選用(一)作分離式斷路器失靈保護理念，而 SEL-487B 內建斷路器失靈則作為該所其他端電路之後衛保護，此時再從這些端電路引進斷路器失靈啟動信號至六個獨立的光絕緣輸入其中之一。這些輸入在每一 INT4 界面上相當實用，圖 19 僅顯示輸入端 01 之邏輯，同樣邏輯可推廣至輸入端 18。(二)在兩體系都選用的類型：其中一體系需自保啟動信號，另一體系則否。

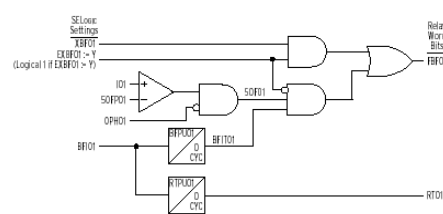


圖 19 斷路器跳脫失靈邏輯

一、使用內建斷路器失靈保護

體系 1—啟動輸入不能自保

本體系需要跳脫信號連續出現於斷路器失靈期間，主要考量跳脫信號不能自保，假如跳脫信號消失過程期間，更長於斷路器完全彈跳釋放設定時間，則斷路器失靈計時器(BFT)將被復原，不再持續運作下去。參閱圖 19 設定 EXBF01:=N 選擇內建斷路器失靈邏輯，須引接斷路器啟動電路(典型的跳脫輸出從主保護、後衛保護電驛取得)至六個獨立的光絕緣輸入其中之一且指定輸入至 BFI01，故障電流引發 50F01(I01 端瞬時過流元件)立即地動作跟進的故障開端。當主保護電驛跳脫接點閉合時，即觸動 BFI01、計時器 BFPU01(I01 端斷路器失靈計時器)及 RTPU01(I01 端再跳脫計時器)開始計時，如 50F01 保持動作到再跳脫於計時器終止時，電驛字元 RT01 示現，其如同輸出試圖另一次跳脫脈波至斷路器，在本電驛發出跳脫匯流排所有斷路器指令之前。當計時器 BFPU01 終止，電驛字元 FBF01 示現，其於斷路跳脫邏輯內之用途為引發某一斷路器跳脫失靈。

如斷路器啟斷成功於計時器 BFPU01 或計時器 RTPU01 終止之前，50F01 元件動作消逝，且既非 RT01 亦非 FBF01 示現，同理推斷若主保護電驛跳脫接點開啟於計時器 BFPU01 終止前，計時中斷毋需考量 50F01 值，以及

不會是 RT01 也不會是 FBF01 示現。

體系 2—斷路器失靈啟動輸入外加及／或自保

本體系讓電驛人員選擇增設斷路器失靈啟動信號，抑或自保該啟動信號，圖 22 顯示上述兩者組合邏輯，AND 閘 1 表前者而 AND 閘 1 及 2 表後者功能。

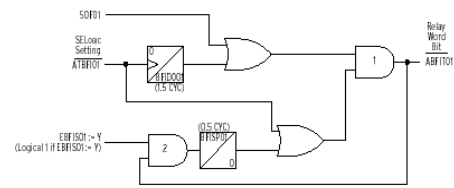


圖 20 斷路器跳脫失靈啟動外加及自保持續

斷路器失靈啟動輸入外加

運用此外設選項如斷路器失靈啟動信號為連續時，但故障電流並無法立刻有效地啟動斷路器計時器，應用案例上該處兩斷路器必須啟斷且遮斷故障電流，諸如一個半匯流排及環狀匯流排之配置，由於電流分佈可能造成斷路器 1 攜帶一絕大部分故障電流，而斷路器 2 可能僅足夠電流啟動 50Fnn 元件於斷路器 1 跳脫後，此種狀況造成斷路器 2 延遲其失靈時間相當於斷路器 1 遮斷故障電流的時間。

體系 2 涵蓋邏輯預防此延誤現象，藉用在單獨斷路器失靈啟動信號開始之際，立刻啟動斷路器失靈計時器，此邏輯仍需要電流高於 50FP01 門檻，且於計時器 BFID001 暫停之後保持 AND 閘 1 導通。設定 EXBF01:=N 解除外設斷路器失靈邏輯，參閱圖 20 連接斷路器失靈啟動信號至 SEL-487B 電驛且指定輸入到

ATBFI01，然後指定電驛字元 ABFIT01 到 BFI01(圖 19)。在故障電流消失且同時在輸入 ATBFI01 斷路器失靈信號邊際開始升高，AND 閘 1 導通，電驛字元 ABFIT01 動作引發計器 BFPU01 及 RTP01 開始計時。

當斷路器 1 啟斷，充足電流流入斷路器 2 引動 50F01 電驛字元，參閱圖 20 並注意電流流入斷路器 2 取代從計時器 BFIDO01 輸出，並保持 AND 閘 1 導通，持續輸入至斷路器失靈計時器，如設計計時器 BFIDO01 延遲超逾斷路器 1 執行遮斷電流時間，但短少於 BFPU01 設定，此設定確保斷路器 1 啟斷後，計時器 BFPU01 僅運作於當斷路器失靈啟動信號及電流兩者均存在時。

斷路器失靈啟動輸入自保

如斷路器失靈啟動信號不連續時選擇使用自保，同時故障電流直接地產生效用，參閱圖 20 設 EXBF01:=N 解除外在斷路器失靈邏輯；假如 EBFIS01:=Y 並設定 AND 閘 2 在最高輸入時，其邏輯輸出為 1。引接斷路器失靈啟動信號到 SEL-487B 電驛，並且指定輸入到 ATBFI01，然後指定電驛字元 ABFIT01 到圖 19 BFI01。在收到斷路器失靈啟動信號，AND 閘 1 導通，並輸出啟動斷路器失靈計時器，及 AND 閘 2 導通，如啟動信號存續更久於 BFISP01 延時設定，AND 閘 1 輸出將自保，只要電流超過 50FP01 門檻。設定 BFISP01 標置更長於 0.25 周波以防範假信號自保，但需設定更短於啟動信號存續期間以確定掌控自保。

體系安裝外部斷路器失靈電驛

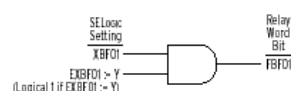


圖 21 因應外加斷路器失靈電驛之斷路器失靈邏輯

設定 EXBF01:=Y 賦予外部斷路器失靈邏輯活絡(即邏輯輸出為 1)，此標置有效減化邏輯如圖 21 所示，引接斷路器失靈啟動電路至 SEL-487B 輸入之一，且指定輸入為 XBF01，電驛字元 FBF01 立刻地示現與輸入信號之動作有關。

再跳脫

某些斷路器擁有兩組不同的跳脫線圈，如其中一組跳脫線圈失靈，本體保護會試圖供給第二組跳脫線圈能量(通常引接另組蓄電池)以防止迫切的斷路器失靈運作，故妥慎應用再跳脫功能於斷路器動作失靈時間終止之前。

當 BFI01 示現時，RTPU01 開始計時，電驛字元 RT01(表斷路器 1 再跳脫)立即地動作於 RTPU01 時間暫停之後。當 RT01 動作即時指定某一控制輸出跳脫斷路器，表 11 說明斷路器失靈內建值。

表 11 斷路器失靈內建值

標置	標置說明	範圍	內建值
EXBF01	賦予外加斷路器失靈功能-BK01	Y 或 N	N
XBF01	外加斷路器失靈啟動-BK01	SV	NA
50FP01	故障電流啟動 -BK01(安培,二次側)	0.5~5 0.0	3.0
BFPU01	斷路器失靈初始啟動延時-BK(周波)	0.00~ 6000	6.00
RTPU01	再跳脫延時(周波)	0.00~ 6000	3.00

標置	標置說明	範圍	內建值
BFI01	斷路器失靈啟動-BK01	SV	1N101 及 PLT02
ATBFI01	任一斷路器失靈啟動-BK01	SV	NA
EBIS01	斷路器失靈啟動自保-BK01	Y 或 N	N
BFISP01	斷路器失靈啟動自保延時-BK01(周波)	0.00~ 1000	0.5
BFIDO01	斷路器失靈啟動釋放延時-BK01(周波)	0.00~ 1000	1.5

捌、斷路器跳脫失靈邏輯

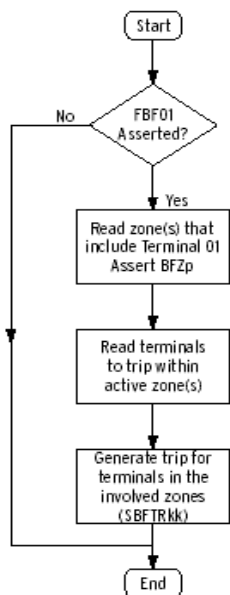


圖 22 變電所斷路器失靈狀況之跳脫邏輯

隨著斷路器，SEL-487B 斷路器跳脫失靈邏輯送出跳脫信號至與斷路器失靈同一匯流排之所有其他相關斷路器，此邏輯資訊取自內部斷路器失靈邏輯及區間選擇信息，再尋求該跳脫斷路器。圖 22 示意處理順序，按照斷路器失靈動作 FBF01 執行跳脫其他相關斷路器，譬如設端子 I01,I02,I03,I04 均在匯流排 1，而端子 I01 於外部事故遭逢跳脫失靈，本邏輯確認出

端子 I01 在匯流排 1，於是匯流排 1 上之 02,03,04 亦需一併跳脫，電驛字元 SBFTR01，SBFTR02，SBFTR03，SBFTR04 動作符合所求。

表 16 列出變電所斷路器跳脫失靈配置

在同一區間內端子	變電所斷路器跳脫失靈位元
I01	SBFTR01
I02	SBFTR02
I03	SBFTR03
I04	SBFTR04
I05	SBFTR05
I06	SBFTR06
I07	SBFTR07
I08	SBFTR08
I09	SBFTR09
I10	SBFTR10
I11	SBFTR11
I12	SBFTR12
I13	SBFTR13
I14	SBFTR14
I15	SBFTR15
I16	SBFTR16
I17	SBFTR17
I18	SBFTR18

SBFTR 系列為 SBFTR01~SBFTR18 共同組成經 OR 閘

玖、隔離開關監視

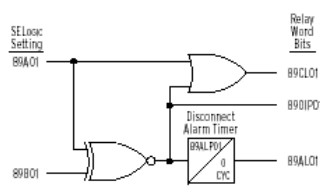


圖 23 隔離開關狀況邏輯

隔離輔助接點提供區間選擇邏輯，擁有此資訊便能動態地指定電流輸入至適宜的差流元件，圖 23 描述隔離開關狀態邏輯電路 01(電驛內實用 48 個隔離邏輯電路之 1)，本邏輯需要常開(89A)及/或常關

(89B) 隔離輔助接點。表 17 示意 4 種隔離輔助接點可能組合，並說明這些組合方式對電驛所詮釋之意義，運用(隔離)NOT OPEN=(隔離)CLOSED 之原理，電驛適宜的協調一次側電流潮向及 CT 電流指向適宜的差流元件。

表17 隔離89A及89B輔助接點狀態說明

案例	89A01	89B01	隔離狀態
1	0	0	閉合(1)
2	0	1	開啟(0)
3	1	0	閉合(1)
4	1	1	閉合(1)

下列說明此 4 種接點組合案例，各端至匯流排區間變動設定：

案例 1：

當隔離輔助接點 89A 及 89B 均同時地開啟，本例係隔離開關處在 開啟→閉合或閉合→開啟之中途位置，計時器 89AP01 測定這情況所需時間，當隔離輔助接點保持在中途位置之期間超過 89ALP01 時間設定值時，電驛字元 89AL01 隨即示現，電驛字元 89OIP01 也於此期間示現指出某一隔離運作過程中，電驛考量隔離主接點閉合於此期間，同時 CT 被考慮在差流計算中。

案例 2：

89A 開啟、89B 閉合被電驛認定為隔離主接點係屬於開啟，此為 CT 電流唯一不受考慮在差流計算之組合。

案例 3：

89A 閉合、89B 開啟被電驛認定為隔離主開關係屬於閉合，電驛字元 89CL01 示現指定主接點閉合位置，CT 電流被考慮在差流計算中。

案例 4：

89A 與 89B 均閉合屬不合邏輯的情況，其蘊涵隔離主接點同時處於既開啟又閉合，計時器 89ALP01 測定此情況時間，並示現電驛字元 89AL01，當隔離輔助接點保持在此狀況期間超過計時器設定，電驛認為於此期間主接點閉合，且 CT 被考慮於差流計算內。

電驛包含 48 警報計時器，提供個別的時間設定作為 48 個隔離邏輯電路，這些個別計時器均有效益於隔離開關維持著切換行進時間差異性，特別是相繼地操作設備有行進時間更久於正常隔離。

電驛字元 89OIP0 代表電驛字元 89OIP01 到 89OIP48 所組成之 OR 閘，電驛字元 89AL(未繪出)為電驛字元 89AL01 到 89AL48 所組合之 OR 閘。為確保正確差流元件運作，接點必須遵從表 18 之需求。

表 18 隔離輔助接點確保正確差流元件運作之規定

運作	規定
隔離開關從開啟到閉合操作	指定電流到適當的差流元件於隔離開關到達弧點光之前
隔離開關從閉合到開啟操作	僅當隔離開關一經通過弧點光便自適當的差流元件移除電流

圖 24 示意隔離輔助接點導通狀態要求注重弧點光

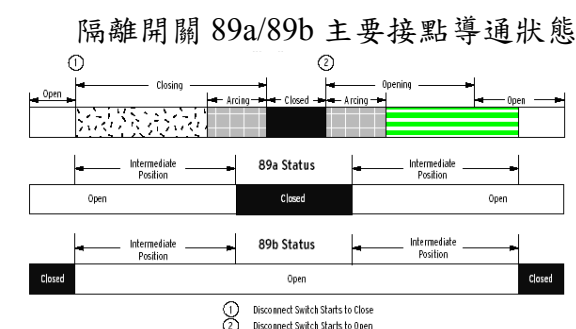


圖 24 隔離開關 89a 及 89b 主要接點開→閉和閉→開狀態演變

拾、區間切換監視邏輯

由於隔離開關監視邏輯需要 89A 及 89B 隔離輔助兩者接點，如只裝設一組 89A(或 89B)接點實際上不足於有效運作隔離開關監視邏輯，在這些裝置裡經常不確定是否隔離輔助接點實際改變狀態，此為相當重要訊息，如輸入電流都被指定到不正確之差流元件時，匯流排保護將受誤導動作。區間切換監視邏輯使用 ZSWOP 電驛字元，其表示任一端至匯流排區間或匯流排至匯流排區間改變，換句話說 ZSWOP 提供確認電驛已認定隔離輔助接點之改變，圖 25 示意本邏輯。

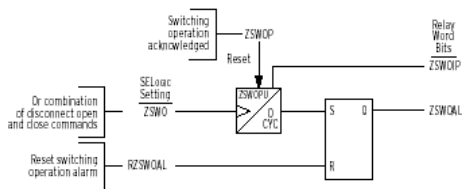


圖 25 保護區間切換監視邏輯

電驛字元 ZSWO 示現活絡本邏輯，提升 ZSWO 邊際啟動計時器 ZSWOPU 且當計時開始期間 ZSWOIP 位元示現，當區間切換邏輯確認隔離開關改變狀態，ZSWOP 電驛字元動作且復原計時器。如區間切換邏輯無法於 ZSWOP 設定時間內確認開關操作，此邏輯啟動切換操作警報 ZSWOAL，而 SELLogic 控制方程式之 RZSWOAL 則提供輸入復原警報。

SEL-487B 電驛僅設有一套區間切換監視邏輯，隔離開關之開啟及閉合指令必須在外部組合再引進電驛，作為電力操作隔離開關之憑據，如圖 26 所示。

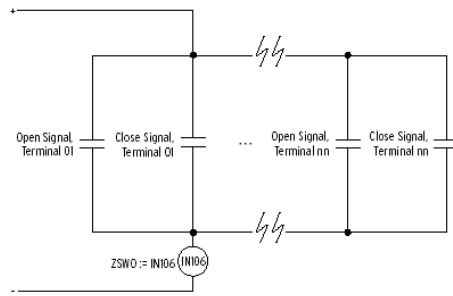


圖 26 因應保護區間切換監視所需之相關外部引線及內部輸入

對手動操作隔離開關而言，安裝 SEL-487B 電驛正面按鈕之一作為輸入啟動 ZSWO 電驛字元，計時器 ZSWOPU 擁有多於 27 分鐘幅度，容許充裕的時間作為操作過程，表 19 顯示區間切換監視邏輯內建值。

表 19 區間切換監視邏輯內建值

設定	設定說明	範圍	內建值 (周波)
EZSWSUP	啟用區間切換監視	Y 或 N	N
ZSWO	區間切換操作	SV	NA
RZSWOAL	復原區間切換操作警報	SV	NA
ZSWOPU	區間切換操作延時始動	0~99999 周波	1800

拾壹、差流跳脫邏輯

此為差流跳脫輸出之最後步驟，圖 27 邏輯係複製圖 13 取自區間監視邏輯，在此時刻差流元件已動作(87R1)，且所有監視準則均符合(Z1S)，此差流跳脫邏輯現在需要所有區間 1 各端並引發一跳脫輸出到各相關的斷路器。



圖 27 保護區間 1 之差流元件區間監視

圖 28 顯示斷路器跳脫過程順序，亦可視為差流元件 87Zn 功能，此處 $n=1$ 至 6。

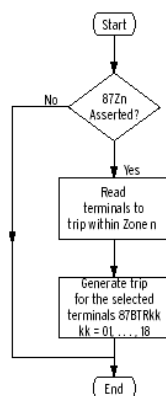


圖 28 匯流排差流跳脫邏輯

差流跳脫邏輯啟動差流跳脫如表 20 所示

在某一區間內端子	差流跳脫位元
I01	87BTR01
I02	87BTR02
I03	87BTR03
I04	87BTR04
I05	87BTR05
I06	87BTR06
I07	87BTR07
I08	87BTR08
I09	87BTR09
I10	87BTR10
I11	87BTR11
I12	87BTR12
I13	87BTR13
I14	87BTR14
I15	87BTR15
I16	87BTR16
I17	87BTR17
I18	87BTR18

拾貳、斷路器跳脫邏輯

圖 29 顯示 SEL-487B 端子 01 之跳脫邏輯，餘留端子 02 至端子 18 邏輯係相同的，且相對地使用變數 TR02 至 TR18 依然是相同的，以及使用 ULTR02 到 ULTR18，TRIP02 至 TRIP18 各自地對應。

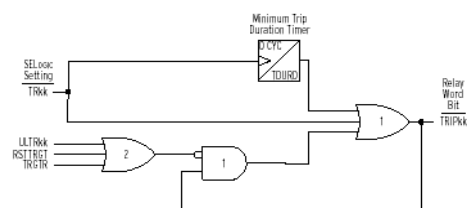


圖 29 關於斷路器 1 跳脫邏輯

啟用跳脫邏輯設定可藉設定整體標置 $NUMBK=kk$ ，此處 kk 表示變電所之斷路器數目，例如：所內裝設有 12 台斷路器時，設定 $NUMBK=12$ 。

啟動 TR01 相當於直接動作 TRIP01 經由 OR 閘 1 及脫開最小跳脫期間計時器 (TDURD)，TRIP01 示意為 TDURD 之最小週波數，即使 TR01 被啟動於微不足道之過程期間，或如邏輯非鎖扣部分被啟動於 TDURD 終止前，TDURD 內建值設定為 12 周波。

TRIP01 也自保本身經由 AND 閘 1，AND 閘接收否定輸入從非鎖扣功能，只要 ULTR01 或 TRGTR 都未啟動，TRIP01 維持自保，TRIP01 被應用為驅動一輸出接點，供斷路器始動跳脫。

電驛人員可運用 4 種方法之 1 不會鎖扣跳脫邏輯，一種方法是動作下列兩者之一，SELogic 控制方程式設定 ULTR01 或 SELogic 控制方程式設定 RSTTRGT。也可以壓 {TARGET RESET} 按鈕在面板前方或送 TAR R 序列埠指令啟動 TRGTR，TRGTR 同時復原在面板前方 LED 指示，在跳脫邏輯中啟動 ULTR01，RSTTRGT 或 TRGTR 放置一零輸入在 AND 閘 1 上，因此中斷 TRIP01 自保回路。

應注意的是當 TR01 被啟動時，不考慮 ULTR01 或 TARGET RESET 指令下，TRIP01 經常被啟動，由於 TR01 已經被啟動，故無論如何縮短時間長度，TRIP01 在 TDURD 最小周波數被啟動。

拾參、斷路器狀態邏輯

圖 30 示意斷路器狀態邏輯使用常開接點 52A 及斷相檢測功能 OPH 之組合，至於常閉接點 52B 經常不具實效且有如降低輸入/輸出需求方法，故邏輯內不需 52B 接點，然而保護理念應用上需要 52B 接點，引接 52B 接點至電驛，但在邏輯中使用否定方式予 52B 接點，意即 NOT 52B:=NOT 1N301。

電驛字元 52CL01 至 52CL18 啟動於斷路器被投入，斷相檢測邏輯(OPHnn)被概括於斷路器狀態邏輯，提供監視防備被延遲的斷路器狀態結顯示，可能斷路器輔助接點不當排列，此特別重要尤其是使用耦合器安全邏輯時，假如斷相檢測邏輯與斷路器輔助接點存在不一致，只要大於 5 周波，邏輯發出警報指示下列情況之一：

1. 可能輔助接點供應電壓消失。

2. 可能一組輔助接點連接電路故障。
3. 可能輔助接點結構故障。

圖 30 所示邏輯為一般的 3 極或單極斷路器結構

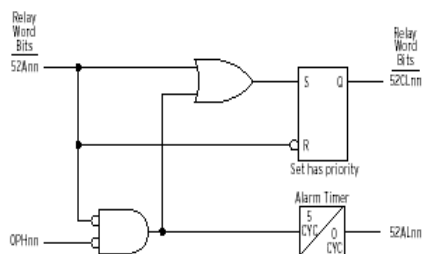


圖 30 斷路器狀態及警鳴邏輯

注意 OPHnn 電驛字元啟動於沒有電流經過斷路器，因此設定具有優先超越復原斷路器狀態邏輯，表 21 顯示所有可能斷路器情況之輸出狀態。

表 21 關於斷路器狀態邏輯之情況與結果

斷路器狀態	52A01 或 NOT 52B01	OPH01	52CL01	52AL01
開啟	0	1(無電流)	0	0
閉合	1	1(無電流)	1	0
開啟	0	0(電流經過)	1	1(5 周波後)
閉合	1	0(電流經過)	1	0

拾肆、結語

SEL-487B 匯流排保護電驛在截稿之前國內尚未有運用上之經驗，但已經採購擬投入台電電力系統保護行列，按其設計理念與諸多構思確實令人內心嚮往不已，期許有效祛除傳統式匯流排保護電驛之缺失，蓋匯流排電驛一旦動作，掛接該匯流排上之所有斷路器悉數全部跳脫，影響停電範圍可想而知，其震撼威力令人終生難忘，如動作因素超出預料之外，欲查明真

相實因更令人頭痛，因此數位式智慧型保護電驛問世一直驅使人心一有夢最美，希望相隨。

參考文獻

[1] SEL-487B Relay Protection Automatic Control
Instruction Manual 20040609
Published by Schweitzer Engineering Laboratories