

數位式匯流排保護電驛 SEL-487B 應用方式介紹

台電供電處 林其銓

一、前言

電力系統領域之匯流排(Busbar)係指相同電壓等級的電力設備所共同連接匯集之金屬導體，主要的作用是電力潮流的傳送及分配，在變電所當中扮演著極為重要的角色。一般而言，匯流排的長度僅為數十至百公尺，與輸電線路動輒以公里為單位且曝露於更多天然不可抗拒之因素相比，匯流排發生故障的機率極低。但由於匯流排連接許多不同種類的電力設備，例如電源、變壓器、輸電線路及負載，其本身存在著接線複雜的風險，也有可能因為現場工作人員不慎誤操作而引起三相故障，例如送電中啟斷隔離開關，或者接地中投入斷路器

，因此匯流排仍有故障的可能性。

匯流排保護首要考量的是外部故障時電驛動作的安全性，因為大量的外部故障電流會讓比流器飽和的機率大增，進而造成匯流排差動電驛的誤動作。在數位電驛尚未被引進台電的時代，是以高阻抗差動電驛作為匯流排保護

，它雖然可有效避免比流器飽和現象，但仍存在應用上的缺點，例如無法使用於 CT 匝比不一致的場合。

近年來台電系統中匯流排保護電驛的數位化汰換工程大量使用了 SEL-487B 數位式匯流排保護電驛。SEL-487B 具備 18 組單相電流輸入及 6 組匯流排保護元件，使用者可依實際系統狀況及保護需求來規劃保護區，除了能以三具 SEL-487B 組成分相式保護之外，對於檔位較少(≤ 6)之匯流排亦能以一具 SEL-487B 做為三相式單匯流排保護，本文將針對此款匯流排電驛，介紹台電目前的應用方式。

二、常見匯流排類型及保護方式介紹

(一)單匯流排(Single Bus)

單匯流排架構如圖 1 所示，又稱單匯流排單斷路器 (Single-Bus Single-Breaker)，電力設備直接透過斷路器 (Circuit Breaker, CB) 連接於匯流排之上，它是一種簡單且經濟的匯流排架構，但相對也是可靠度及靈活度最低的一種架構。當匯流排發生故障或斷路器失靈保護電驛動作時，將跳脫所有 CB 造成匯流排全停，且當 CB 需停電維護時必須跳脫 CB 來隔離設備，此將直接影響設備之供電，故此架構僅適用於送電線路較少、供電可靠度要求不高之小型變電所。單匯流排的保護選用斷路器最外組的 CT 接到匯流排保護電驛，如此可和送電設備的保護區重疊，消除保護區的盲點。

為了提升單匯流排的可靠度，可加裝開關設備將單匯流排改為分段式匯流排，圖 2 係使用聯絡斷路器(Tie Breaker, TB)將單匯流排分為兩個獨立的單匯流排架構，任一匯流排發生故障只會跳脫該匯流排上的 CB，不會影響另一正常匯流排的供電，惟當聯絡斷路器故障時

，因兩匯流排保護區重疊，將會跳脫所有斷路器。

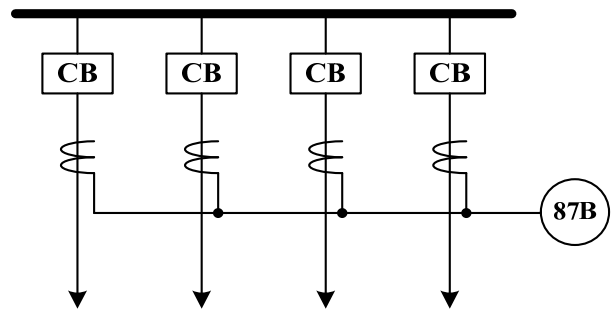


圖 1 單匯流排架構

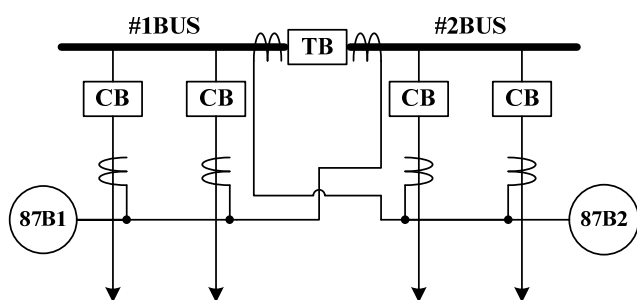


圖 2 分段式單匯流排架構
(以聯絡斷路器連接)

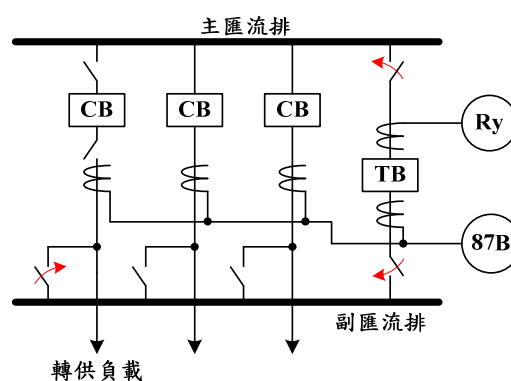


圖 4 利用副匯流排轉供負載

(二)主副匯流排(Main and Transfer Bus)

為了改善單匯流排將 CB 停電進行維護旋即影響設備供電之缺點，可增加副匯流排連接於單匯流排，此架構可視為單匯流排的延伸架構，稱之為主副匯流排，如圖 3 所示。在圖 3 中下方匯流排稱為副匯流排，又稱轉移匯流排(Transfer Bus)，在系統正常供電時，所有電力設備均透過主匯流排送電，副匯流排未帶電；而當有任一 CB 需停電點檢時，可利用隔離開關將欲停電之 CB 隔離，並將聯絡斷路器投入，設備即可透過副匯流排代為送電，如圖 4 所示，此時聯絡斷路器的功能等同於停電之 CB，且涵蓋於匯流排保護區之中，但仍須將聯絡斷路器之送電設備保護電驛(Ry)設定為轉供設備原保護電驛設定，如此才能保護轉供之設備。

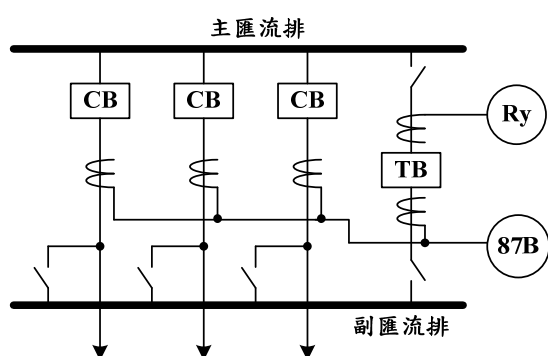


圖 3 主副匯流排架構

(三)環狀匯流排(Ring Bus)

環狀匯流排架構如圖 5 所示，通常採用 4~6 個 CB 以常閉環路方式互連，因此命名為環狀匯流排。在此架構中任一送電設備皆由兩個 CB 送電，因此任何一個 CB 停電維護，都不會影響設備之正常供電，但是一旦任何一個 CB 為開啟狀態，匯流排架構便會從環狀匯流排轉變為分段式單匯流排，因此可靠度將會降低。環狀匯流排因送電設備之保護已涵蓋匯流排，故不需裝設匯流排保護電驛。

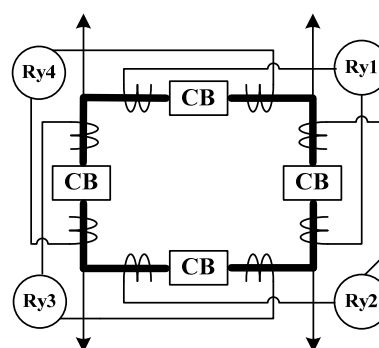


圖 5 環狀匯流排架構

(四)雙匯流排單斷路器(Double-Bus Single-Breaker Bus)

雙匯流排單斷路器具備不錯的可靠度及靈活度，但它的所需保護也較為複雜，其架構如圖 6 所示。雙匯流排透過常閉聯絡斷路器保持互連，送電設備均透過單斷路器送電，並可使用隔離開關選擇配掛之匯流排。在正常運轉情況下，編號奇數之 CB 配置於一號匯流排；編號偶數之 CB 則配置於二號匯流排，並透過 CT 接線分別規劃適當保護區，如 87B1 為一號匯流排之之保護，87B2 則為二號匯流排之保護。

當 CB 因匯流排點檢或其他因素需改由另一匯流排供電時，因該 CB 之匯流排保護用 CT 仍接在原匯流排保護電驛，此時若發生外部故障，87B1 及 87B2 將會產生差動電流致使電驛誤動作，為了解決此外部故障誤跳問題，可增加一個總差動保護區 87B(Check Zone)作為內部故障偵測啟動，無論 CB 是否為非正常配置，只有在內部故障時 87B 才會有差動電流產生。

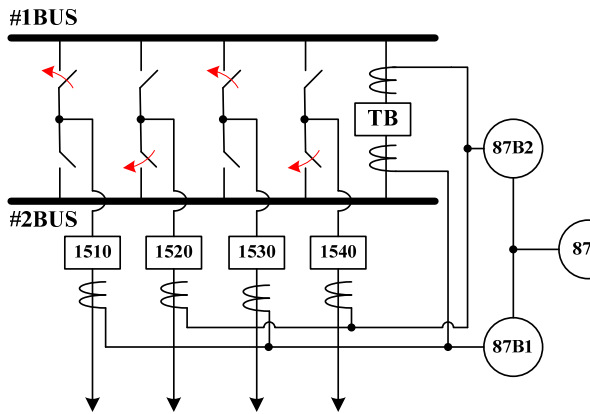


圖 6 雙匯流排單斷路器架構

在圖 6 之匯流排架構中，若 CB 需要停電點檢，勢必會直接影響設備之供電，為了改善此缺點，可在 CB 旁並聯一旁路開關(Bypass Switch)，如圖 7 所示，此架構為運用先前說明之主、副匯流排概念。首先將除了欲停電 CB 之外的所有送電設備切至主匯流排(原一號匯流排)送電，欲停電維護 CB 之送電設備則由副匯流排(原二號匯流排)送電，然後將欲停電維護 CB 之旁路開關投入，最後將 CB 及相關隔離開關打開以隔離 CB，如此既可進行 CB 停電電檢，又可保全設備供電的連續性。

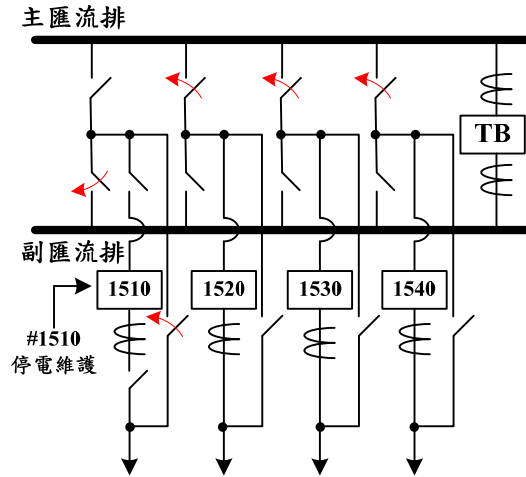


圖 7 配置旁路開關之雙匯流排單斷路器架構

(五)一又二分之一斷路器(Breaker-and-a-Half)

一又二分之一斷路器架構如圖 8 所示，在匯流排之間配置三個斷路器，斷路器之間再以 T 接方式送電，因此每個送電設備平均分配到一又二分之一個斷路器。此架構提供良好的可靠度及靈活度，當其中一個匯流排需停電點檢或是因為斷路器失靈電驛動作使得匯流排全停時，負載仍可由另一匯流排持續送電不受影響。

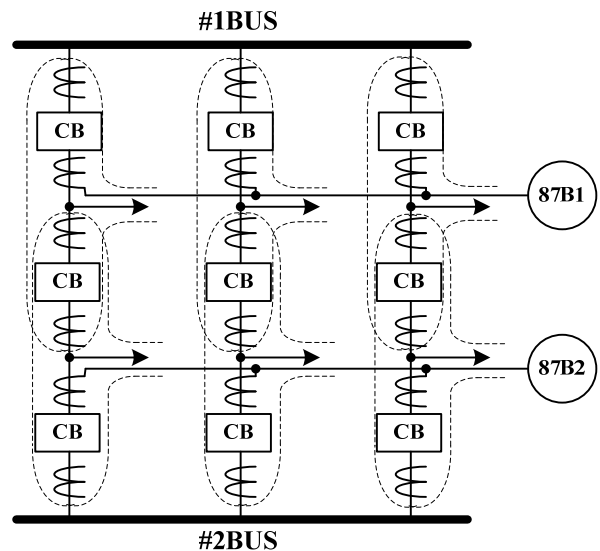


圖 8 一又二分之一斷路器架構

三、台電應用 SEL-487B 之說明

在台電供電系統當中，大多是採雙匯流排架構，雙匯流排的最大優點是當任何一個匯流排停電時，可將送電設備切換至

另一匯流排繼續供電，具有較高的可靠性。根據變電所的重要性，所採用的雙匯流排架構也有所不同，在 345 kV 電壓等級的雙匯流排會採用一又二分之一斷路器架構，161 kV 以下之匯流排則大多採用單斷路器架構。依台電電力系統保護電驛規劃準則規定，345 kV 電壓等級每一匯流排須採用兩套匯流排保護；161 kV 以下電壓等級則採用一套匯流排保護，其中每一套保護含三具 SEL-487B，以下分別說明其保護方式。

(一)345 kV 一又二分之一斷路器架構

1. 分相式單匯流排保護

採用三具 SEL-487B 作為單一匯流排分相式保護，分別將斷路器之 R、S、T 相電流接至 SEL-487B，CT 接線圖如圖 9 所示，將匯流排側 CB 最外組的 CT 接至第一、二套主保護電驛以達到保護區間重疊的目的。

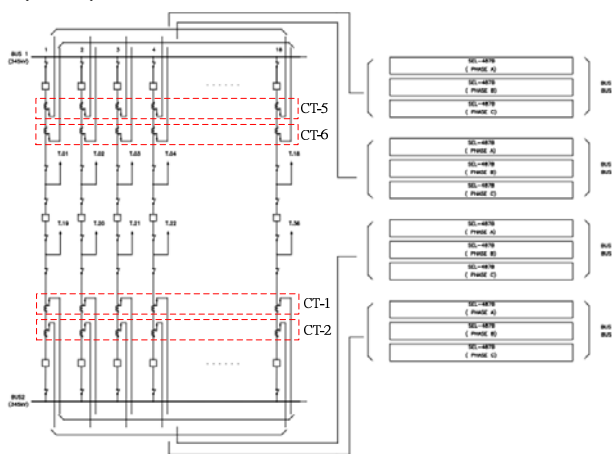


圖 9 以 SEL-487B 作為分相式單匯流排保護

2. 分相式兩個獨立單匯流排保護

採用 3 具 SEL-487B 電驛作兩個獨立單匯流排分相保護，將各斷路器(含 1 號及 2 號匯流排)之 R、S、T 相電流分別引入 SEL-487B，三具電驛之硬體配置相同，每具電驛在輸入其相對應之正確設定資料情況下，三具電驛可相互取代，如圖 10 所示。

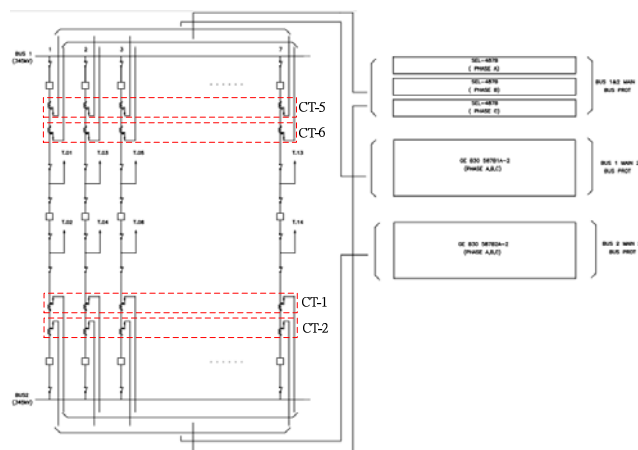


圖 10 以 SEL-487B 作為分相式兩個獨立單匯流排保護

3. 三相式單匯流排保護

採用 3 具 SEL-487B 電驛，每具電驛分別作三相式單匯流排保護（匯流排上斷路器之三相電流皆引入同一具電驛），第一具 SEL-487B 保護一號匯流排，第二具 SEL-487B 保護二號匯流排，第三具 SEL-487B 則作為備用電驛，如圖 11 所示。

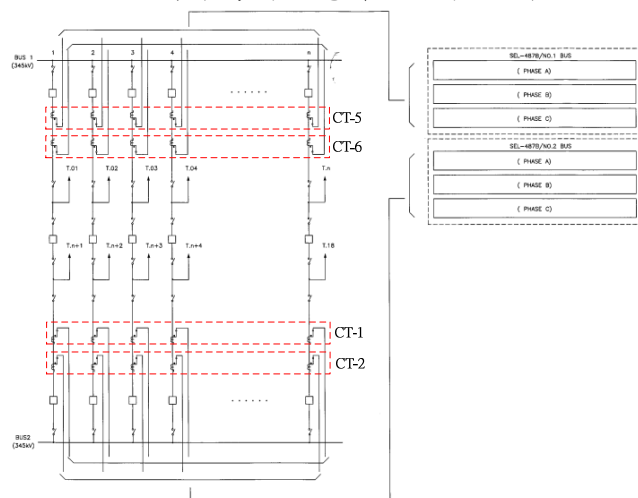


圖 11 以 SEL-487B 作為三相式單匯流排保護

(二)161 kV 雙匯流排單斷路器：分相式雙匯流排保護

採用三具 SEL-487B 作為雙匯流排分相式保護，將一、二號匯流排上各斷路器之 R、S、T 相電流分別引入三具電驛，並規劃一、二號匯流排保護區作為雙匯流排保護，如圖 12 所示。

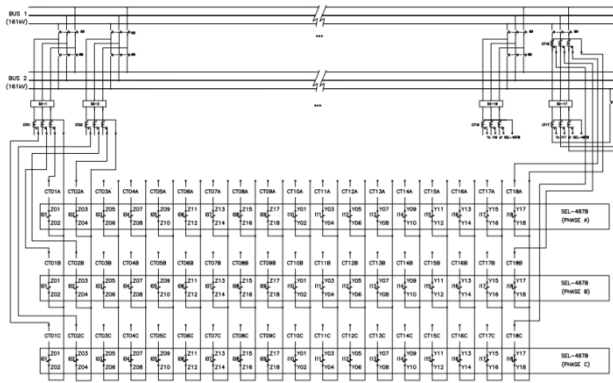


圖 12 以 SEL-487B 作為分相式雙匯流排保護

四、SEL-487B 保護功能介紹

(一) 匯流排保護元件

SEL-487B 最多可接受 18 個電流輸入，且具備 6 個匯流排保護元件，可依實際系統狀況及保護需求來規劃保護區。圖 13 為 SEL-487B 其中一個保護元件的邏輯方塊圖，在圖中僅使用其中 2 個電流輸入及 1 個保護區間。因為 SEL-487B 能接受 CT 匝比不一致的電流輸入(最大與最小之 CT 匝比比值可相差 10 倍)，故差動元件的計算是以標么值來進行，電驛會採用 CT 一次側變比值最大者(CTR_{MAX})為基準值，分別計算每個輸入電流的標么值轉換係數(TAP)，計算公式如公式(1)所示：

$$TAP_{nn} = \frac{CTR_{MAX} \times I_{NOM}}{CTR_{nn}} \quad (1)$$

TAP_{nn}：標么值轉換係數(nn=01~18)
 CTR_{MAX}：保護區中最高的CT匝數比
 I_{NOM}：CT二次側額定電流(5A/1A)
 CTR_{nn}：CT匝數比(nn=01~18)

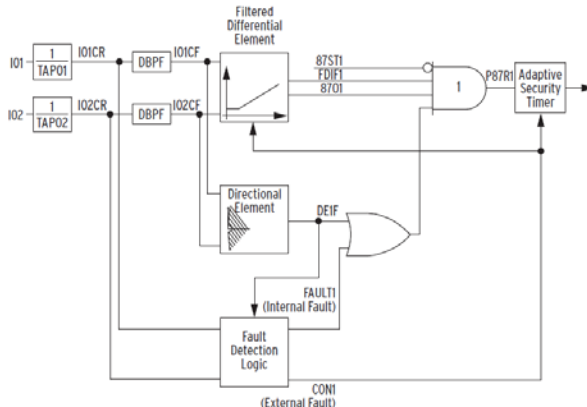


圖 13 SEL-487B 之保護元件 1 方塊圖

得到每個輸入電流的標么值轉換係數後，電驛便可計算每個輸入電流的標么值電流：

$$I_{nn}CR = \frac{I_{nn}}{TAP_{nn}} \quad (2)$$

I_{nn}CR：輸入電流的標么值

I_{nn}：電驛輸入電流的實際值

1. 濾波差動元件 (Filtered Differential Element)

輸入電流(I01、I02)經公式(2)標么值轉換後，會分別進入兩個路徑，其一是經數位帶通濾波器(Digital Band-Pass Filter)濾波後(I01CF、I02CF)，再輸入濾波差動元件及方向性元件；其二是採用瞬時電流值(I01CR、I02CR)，輸入故障檢測邏輯。

濾波差動元件邏輯圖如圖 14 所示，它採用公式(3)、(4)來計算保護區中各輸入電流合成的動作量(IOP1)及制動量(IRT1)電流。圖中 FDIF1 是差動計算結果的輸出，87O1 是當合成的差動電流超過 O87P 門檻設定時會動作，而這兩個邏輯字元為濾波差動元件的主要輸出。

$$IRT1 = |I01CF| + |I02CF| \quad (3)$$

$$IOP1 = |I01CF + I02CF| \quad (4)$$

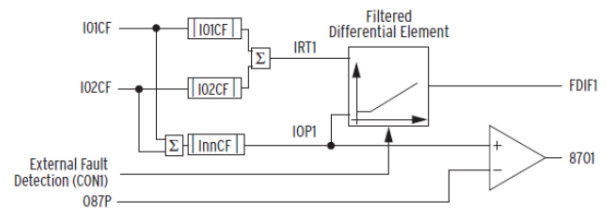


圖 14 濾波差動元件邏輯圖

SEL-487B的差動特性如圖15所示，當動作量IOP1超過O87P門檻且落在SLP1上方範圍時，FDIF1便會輸出。SEL-487B具備兩段式斜率設定，分別為圖15中的SLP1及SLP2，其中SLP1斜率較低，對於故障的偵測較為敏感，能確保發生內部故障時的快速動作；而SLP2斜率較高，需要較大的差動電流才可讓電驛動作，當發生外部故障時造成的CT飽和時，將斜率由SLP1切至SLP2可有效提高匯流排保護對於外部故障的安全性，而斜率的切換是由圖20當中的故障偵測邏輯(Fault Detection Logic)的CON1輸出控制，平常運轉時電驛處於SLP1之斜率，唯有偵測到外部故障時，才

會將斜率切換至SLP2，以提高電驛的安全性。

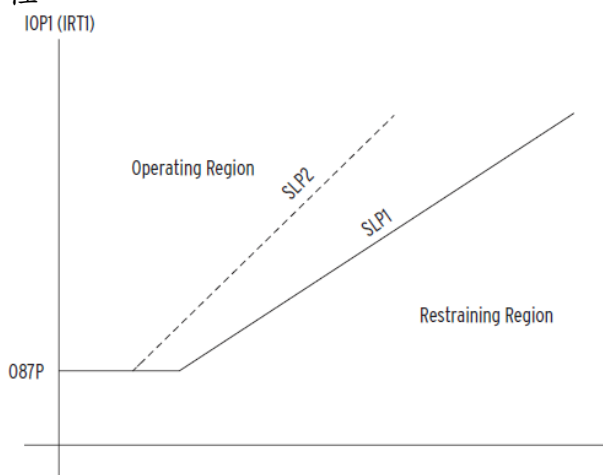


圖 15 濾波差動元件之特性曲線

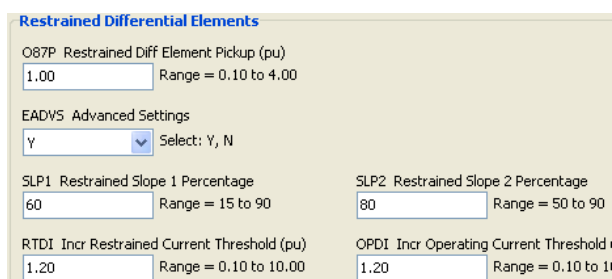


圖 16 濾波差動元件之特性設定

2. 方向性元件

在發生匯流排外部故障造成 CT 嚴重飽和的情況下，方向性元件的監視可提高電驛動作的安全性。SEL-487B 的方向性元件是將保護區中的每個有效輸入電流與參考電流進行相位比較，有效輸入電流係指超過 50DSP 過電流門檻之輸入電流，電驛將在這些有效輸入電流當中選擇一個當作參考輸入電流(I_{REF})，再與其他有效電流輸入進行各別的方向性比較。

現以圖 17 說明 SEL-487B 的方向性元件邏輯，在圖 17 中有 4 個電流輸入 (I_{01CF} 、 I_{02CF} 、 I_{03CF} 及 I_{04CF})，假設 I_{04CF} 低於 50DSP 的設定門檻，故電驛僅以 3 個輸入電流做方向性比較。首先電驛選擇 I_{01CF} 為參考量，再將其他兩個輸入電流與 I_{01CF} 進行方向性比較，若是 3 個輸入電流相位皆一致，則相位會落在圖 18 的陰影區域之中，方向性元件(DEF)才會輸出。

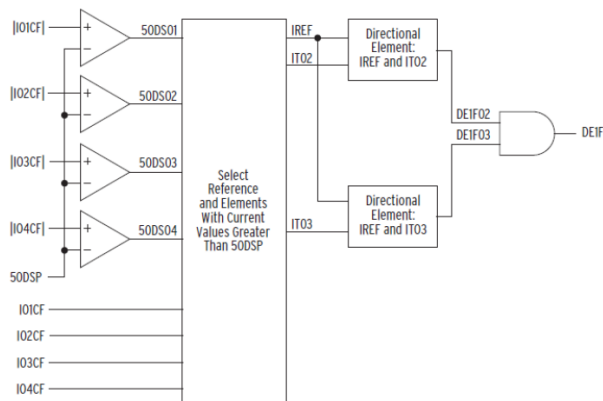


圖 17 電驛方向性元件邏輯圖

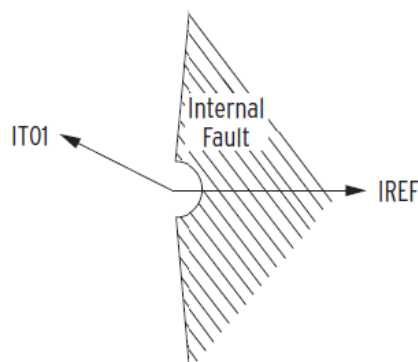


圖 18 方向性元件動作範圍

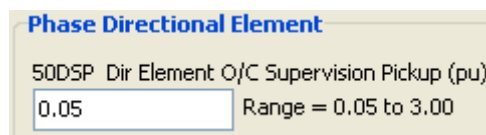


圖 19 方向性元件電流門檻(50DSP)設定

3. 故障偵測邏輯

故障偵測邏輯是用來判別故障是發生在保護區內抑或是保護區之外，其邏輯方塊圖如圖 20 所示，CON1、FAULT1 分別對應保護區外部故障及內部故障兩種不同的故障類型。

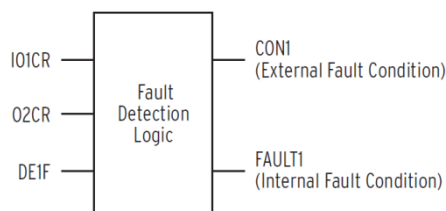


圖 20 故障偵測邏輯方塊圖

故障檢測邏輯採用瞬時電流值 (I_{01CR} 、 I_{02CR})來計算抑制量($IRT1R$)及動作量($IOP1R$)

，計算公式如公式(5)、(6)所示：

$$IRT1R = |I01CR| + |I02CR| \quad (5)$$

$$IOP1R = |I01CR| + |I02CR| \quad (6)$$

(1)外部故障偵測邏輯

根據公式(5)、(6)，當發生內部故障時，動作量和抑制量會同時增加；反之，若是發生外部故障，如果沒有產生 CT 飽和現象，則只會有抑制量增加。透過比對以上兩者之間的差異，只要比對動作量增量(ΔI_{OPIR})及制動量增量(ΔI_{RT1R})，電驛就能判斷是否發生外部故障，而 CT 在外部故障情況下可能會飽和，所以電驛在偵測到一個外部故障的時候會將輸出延時 60 週波。但是，若是發生轉換性故障(由匯流排區外故障轉變為區內故障的故障型態)，外部故障檢測邏輯輸出 CON1 若仍然延時 60 週波，這將會導致故障清除時間過長，為了防止這種情況，CON1 在方向性元件 DE1F 檢測到轉換性故障或者內部故障檢測邏輯 IFAULT1 確認了一個內部故障狀況時，狀態能夠被復歸。

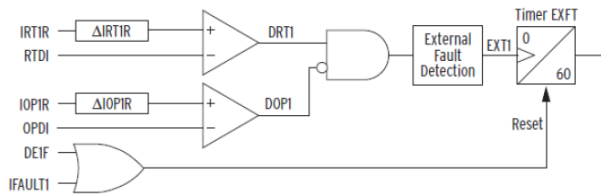


圖 21 外部故障檢測邏輯

(2)內部故障偵測邏輯

內部故障檢測邏輯由瞬時差動元件、連續測量故障檢測邏輯及快速檢測邏輯組成。在瞬時差動元件動作後，若連續1.5週波仍存在差動電流，連續測量故障檢測邏輯便判斷此故障為內部故障，此時 IFAULT1 字元動作。快速故障偵測邏輯則是能夠區分正常內部故障情況下產生的差動電流抑或是避雷器設備對地導通所造成的差動電流，如果是內部故障，則 GFAULT1 字元動作。

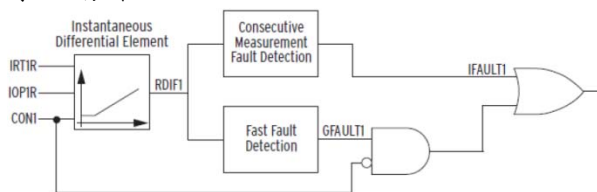


圖 22 內部故障檢測邏輯

SEL-487B 保護元件最終的輸出邏輯如圖 23 所示，P87R1 邏輯字元由以下四個條件來決定：

1. FDIF1：濾波差動元件應動作
2. 87O1：差動電流(I_{OP1})應滿足濾波差動元件動作門檻
3. FAULT1 OR DE1F：方向性元件或內部故障偵測邏輯任一應動作
4. 87ST1：靈敏性差動元件無輸出

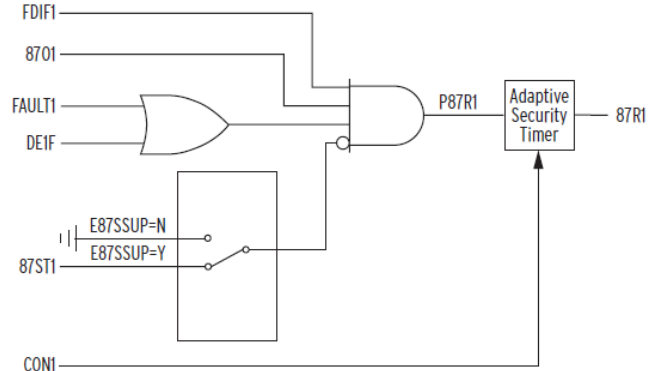


圖 23 差動保護元件最終輸出邏輯

當 P87R1 字元輸出，會驅使安全計時器(Adaptive Security Timer)開始計時，而 CON1(外部故障偵測邏輯輸出)信號也用來控制安全計時器的時間，當 CON1 輸出時，電驛預設經過 0.4 週波延時後才輸出 87R1，以提高安全性。

(二)總差動保護元件

除了可使用任何一個 SEL-487B 所提供的 6 個保護區間當作獨立的總差動保護區(Check Zone)，SEL-487B 也有提供獨立的 Check zone 保護元件可供使用者設定。

Check Zone Restrained Differential Element			
CZ087P CZ Restrained Diff Element Pickup (pu)	1.00	Range = 0.10 to 4.00	CZSLP1 CZ Restrained Slope 1 Percentage
			60
			Range = 15 to 90
CZSLP2 CZ Restrained Slope 2 Percentage	80	Range = 50 to 90	CZRTD1 CZ Incr Restrained Current Threshold (pu)
			1.20
			Range = 0.10 to 10.00
CZOPDI CZ Incr Operating Current Threshold (pu)	1.20	Range = 0.10 to 10.00	

圖 24 Check zone 保護元件設定

(三)靈敏性差動元件(Sensitive Differential Element)

任一個保護區都有提供靈敏性差動元件供使用者設定，它可用來偵測 CT 接線異常時，造成差動電流動作量異常變化的情形。第一保護區的靈敏性差動元件邏輯如圖 25 所示，該元件比較差動動作量 I_{OP1} 及門檻設定值 S87P 之大小，主要有 87S1(無

延時)及 87ST1(增加 87STPU 延時)這兩個輸出字元，其中 87ST1 之輸出可應用於警報及監視功能。

由圖 25 中可了解到若 E87SSUP 設定為 Y，則電驛會將 87ST1 的輸出列為匯流排保護元件最終輸出的條件之一，而若是將 E87SSUP 設定為 N，則只是不將靈敏性差動元件列為最終輸出的條件，但靈敏性差動元件仍可用於警報及監測之功能。

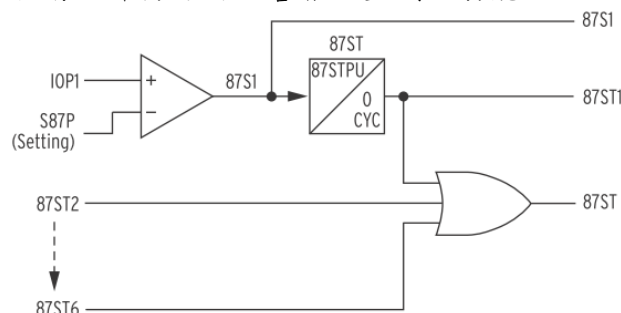


圖 25 靈敏性差動元件動作邏輯

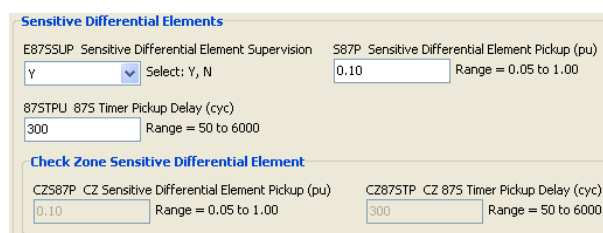


圖 26 靈敏性差動元件設定視窗

(四)區域監視邏輯(Zone Supervision Logic)

區域監視邏輯可作為 SEL-487B 的最終輸出跳脫的監視，在圖 27 中 87R1 是第一區差動保護元件的輸出，Z1S 是第一區間監視邏輯字元，可透過 SELogic 邏輯式做設定，兩者皆動作 87Z1 便會輸出並且跳脫所有規劃於第一差動保護區內的斷路器。

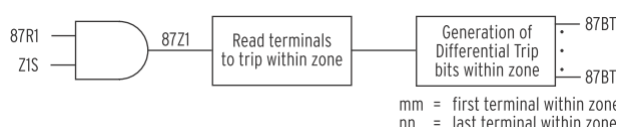


圖 27 區域監視邏輯動作邏輯

(五)動態保護區選擇邏輯

對於匯流排差動保護而言，定義正確的輸入電流到適當的保護區間是相當重要的，如此一來才能計算出正確的差動動作電流及抑制電流，當保護區間內發生故障，也才能跳脫正確的斷路器隔離故障。

為了使變電所的檔位配置更具靈活

性，同時又兼顧匯流排保護的性能，SEL-487B 具備能夠隨匯流排檔位切換重新定義輸入電流到相對應差動保護區間的能力，通常會將隔離開關或斷路器的輔助接點接至數位電驛，透過 SELogic 控制程式，將電流輸入定義到相對應的差動保護區間。當隔離開關投入造成兩個保護區間有相互連結的情況，保護區間也能夠合併。

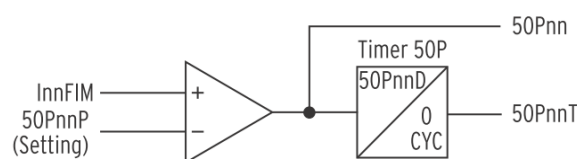
表 1 為此項功能之範例說明，其中 I01BZ1V 為控制 I01 電流輸入端進入#1 匯流排保護區的 SELogic 程式代碼。當電流輸入端 I01 接到#1 匯流排差動保護區時，D891 隔離開關狀態為正邏輯，則動態保護區選擇邏輯就會將 I01 列入差動計算，當保護區內發生故障時，該電流輸入端之斷路器也會接收到 SEL-487B 的跳脫訊號；而當 I01 未接至#1 匯流排差動保護區時，D891 轉變為負邏輯，I01 就不會列入#1 差動保護區的差動計算，斷路器也不會收到 SEL-487B 的跳脫訊號。但如果 I01 永遠掛在#1 匯流排保護區，可輸入：I01BZ1V:=1。

表 1 動態保護區選擇電流輸入邏輯

SELogic 控制程式	狀態	是否進入差動計算
I01BZ1V:=D891	D891=1(closed)	I01 進入#1 匯流排保護區
	D891=0(open)	I01 不進入#1 匯流排保護區

(六)瞬時/延時過電流元件

SEL-487B 之 18 個電流輸入皆提供一段瞬時/延時過電流元件可供設定，如圖 28 所示。這項保護元件會將相電流 InnFIM 與保護啟動門檻設定值 50PnnP 進行電流振幅比較，如果電流振幅超過啟動門檻，50Pnn 便會動作並啟動計時器，一旦經過延時設定值 50PnnD，50PnnT 就會動作，亦即 50PnnT 僅當 50Pnn 動作且持續 50PnnD 才會動作；而當 50Pnn 無輸出，計時器及 50PnnT 也會隨之復歸。



nn = 01, 02, ... 18

圖 28 相間瞬時/延時過電流元件

(七)反時過電流元件

SEL-487B 的 18 個電流輸入都具備以 IEEE C37.112-1996 為基礎之反時過電流特性曲線可供設定，共有 10 種不同的曲線設定(5 種 US 曲線及 5 種 IEC 曲線)，如表 (2)、(3)所示。

其中：

 T_p ：動作時間(秒) T_r ：模擬電磁式感應圓盤復歸時間(秒)

TD：時間標置值(Time Dial Setting)

M：過流電驛啟動值(Pickup)之倍數

表 2 US 反時過電流曲線公式

曲線種類	動作時間	復歸時間
U1: Moderately Inverse	$T_p = TD \times \left(0.0226 + \frac{0.0104}{M^{0.02} - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(1 - \frac{1.08}{1 - M^2}\right)$
U2: Inverse	$T_p = TD \times \left(0.180 + \frac{5.95}{M^2 - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(1 - \frac{5.95}{1 - M^2}\right)$
U3: Very Inverse	$T_p = TD \times \left(0.0963 + \frac{3.88}{M^2 - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(1 - \frac{3.88}{1 - M^2}\right)$
U4: Extremely Inverse	$T_p = TD \times \left(0.02434 + \frac{5.64}{M^2 - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(1 - \frac{5.64}{1 - M^2}\right)$
U5: Short-Time Inverse	$T_p = TD \times \left(0.00262 + \frac{0.00342}{M^{0.02} - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(1 - \frac{0.323}{1 - M^2}\right)$

表 3 IEC 反時過電流曲線公式

曲線種類	動作時間	復歸時間
C1: Standard Inverse	$T_p = TD \times \left(\frac{0.14}{M^{0.02} - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(\frac{13.5}{1 - M^2}\right)$
C2: Very Inverse	$T_p = TD \times \left(\frac{13.5}{M - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(\frac{47.3}{1 - M^2}\right)$
C3: Extremely Inverse	$T_p = TD \times \left(\frac{80}{M^2 - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(\frac{80}{1 - M^2}\right)$
C4: Long-Time Inverse	$T_p = TD \times \left(\frac{120}{M - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(\frac{120}{1 - M}\right)$
C5: Short-Time Inverse	$T_p = TD \times \left(\frac{0.05}{M^{0.04} - 1}\right)$	$T_r = TD \times \left(\frac{4.85}{1 - M^2}\right)$

圖 29 為反時過電流元件的邏輯圖，取相電流 InnFIM 與保護啟動門檻設定值 51PnnP 進行電流振幅比較。如果想要在某些特定情況下才要進行電流振幅比較，可以將條件設定在 51P01TC 當中，例如：反時過電流元件僅在斷路器投入時啟用，可輸入：51P01TC:=52A01。如此一來該反時過電流元件僅在 52A01 為正邏輯時，才會進行 I₀₁FIM 與 51P01P 的比較。

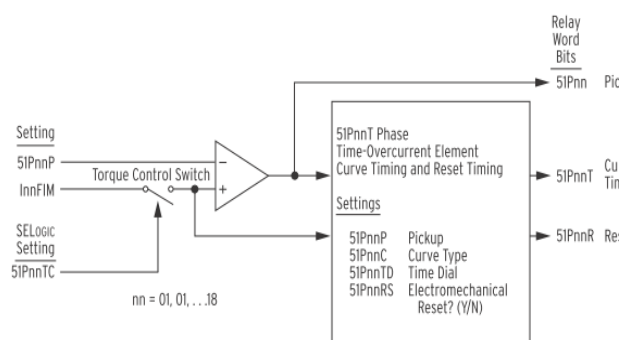


圖 29 反時過電流元件邏輯

(八)瞬時電壓元件

SEL-487B 為每相提供兩段式欠電壓 (27) 及過電壓 (59) 元件，除此之外也提供兩段式負序電壓及零序電壓元件供設定，電驛可利用此功能進行跳脫時的電壓監控。SEL-487B 根據 ABC 相序採用餘弦濾波器 (Cosine filter) 的瞬時相電壓輸出 (V01F、V02F、V03F) 來計算相電壓振幅和角度。圖 30 為為 V01 的兩段欠電壓和過電壓邏輯，欠電壓元件是將輸入電壓振幅 V01FIM 與低電壓設定值 27P11P 進行比較，如果電壓振幅低於 27P11P 設定值，27P11 便會動作，且可獨立設定為兩段式 (27P11P 和 27P12P)。而對於過電壓元件，則是將輸入電壓振幅 V01FIM 與過電壓設定值 59P11P 進行比較，如果電壓振幅超過 59P11P 設定值，59P11 動作，過電壓元件亦可獨立設定兩段式 (59P11P、59P12P)。

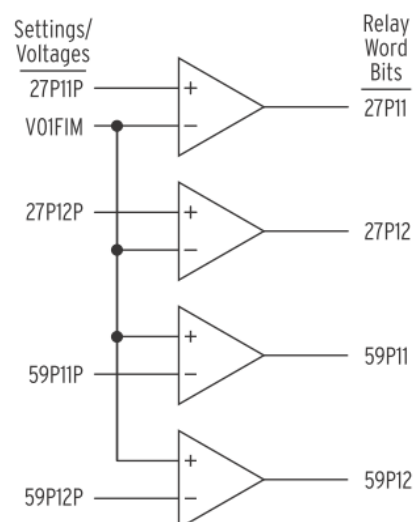


圖 30 V01 之兩段欠、過電壓邏輯

(九)CT 開路偵測邏輯

當 CT 開路時，電驛計算出的差動動作電流會有遞增情形，同時抑制電流則會遞減，且遞增量與遞減量之和應為零。

圖 31 為 CT 開路偵測邏輯，差動動作電流流變化量 ($\Delta IOPnR$)、制動電流變化 ($\Delta IRTnR$) 及動作電流 ($IOPn$) 為邏輯的類比輸入，而及開的輸出動作條件如下：

1. $\Delta IOPnR$ 為正值 (≥ 0.05 pu)
2. $\Delta IRTnR$ 為負值 (< -0.05 pu)
3. $\Delta IOPnR$ 與 $\Delta IRTnR$ 之和非常小 (< 0.05 pu)
4. 動作電流 $IOPn \geq$ 靈敏性差動門檻設定 S87P

當以上條件皆滿足，表示 #n 保護區偵測到 CT 開路，及開輸出正邏輯，OCTZn 動作並保持。而 SELogic 控制程式 ROCTZn 則能夠將此功能復歸，清除 OCTZn 之狀態。圖 31 下半部份能夠使得電驛字位 RSTOCTn 動作，RSTOCT 是 ROCTZn 的預設設定值，它在下列條件任意一個成立時候動作：

1. $IOPn < S87P$ 的 90 %
2. $IOPn < 0.05$

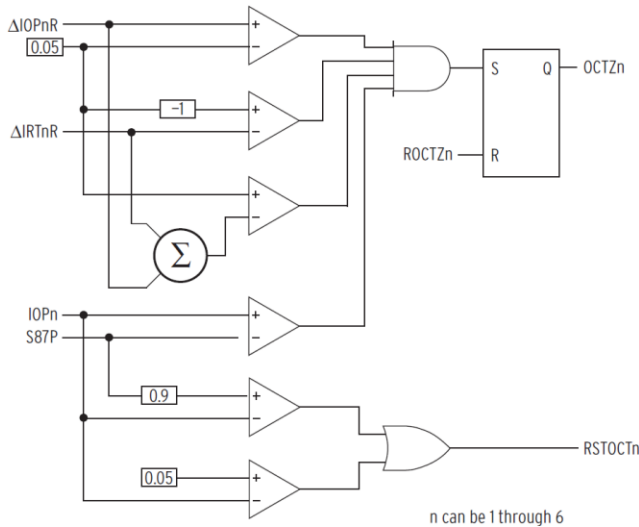


圖 31 #n 保護區之 CT 開路偵測邏輯

五、SEL-487B 邏輯設定

(一)一又二分之一斷路器分相式兩個獨立匯流排保護

本保護方式為使用三具SEL-487B作為兩個獨立匯流排之分相完整保護，其CT接線圖如圖10所示，相關保護邏輯設定說明如下。

1. 保護區間設定

- (1)每具(相)的第一區間(BZ1)設定為保護一號匯流排。
- (2)每具(相)的第二區間(BZ2)設定為保護二號匯流排。

2. 區域監視邏輯設定

(1)設定參數說明

- 87B1_EN：利用電驛之IN501/IN502輸入接點，將電驛盤面一號匯流排保護閉鎖開關狀態接至電驛，並規劃於PLT01S/PLT01R保護邏輯字元。
- 87B2_EN：利用電驛之IN513/IN514輸入接點，將電驛盤面二號匯流排保護閉鎖開關狀態接至電驛，並規劃於PLT02S/PLT02R保護邏輯字元。
- Open CT Detector：OCTZ1、OCTZ2。
- Check Zone：87CZ1。
- Delay：延時0.5週波。
- UV Supervision：將一、二號匯流排之三相VT分別接至R、S相電驛

之電壓元件並命名為UVR_SUP、UVS_SUP及UVT_SUP，並以MIRROR BITS傳送至其他兩相電驛，作為一、二號匯流排的欠電壓監視。

(2)區域監視邏輯設定式

- Z1S：87B1_EN AND NOT OCTZ1 AND 87CZ1 AND DELAY AND UVR_SUP(R相)/RMB5B(S相)/RMB6A(T相)。
- Z2S：87B2_EN AND NOT OCTZ2 AND 87CZ1 AND DELAY AND RMB4A(R相)/UVS_SUP(S相)/RMB6B(T相)。

3. 保護邏輯參數規劃：

邏輯代號	代號別名	功能
PCT01Q	UV_AL	欠電壓警報
PCT02Q	UV_SUP	欠電壓監視
PCT03Q	50B1_DT	一號匯流排過電流監視
PCT04Q	50B2_DT	二號匯流排過電流監視
PCT05Q	B1UL_AL	一號匯流排保護轉態不一致警報
PCT06Q	B2UL_AL	二號匯流排保護轉態不一致警報
PCT07Q	DELAY	延時0.5週波
PCT08Q	UVR_SUP	R相欠電壓監視
PCT09Q	UVS_SUP	S相欠電壓監視
PCT10Q	UVT_SUP	T相欠電壓監視
PLT01	87B1_EN	一號匯流排保護啟用狀態
PLT02	87B2_EN	二號匯流排保護啟用狀態
IN101	Z1EX_TR	一號匯流排BF訊號
IN102	Z2EX_TR	二號匯流排BF訊號

4. 跳脫邏輯規劃(TR01~TR18)

跳脫命令輸出由差動跳脫字元輸出(87BTR)及外部BF觸發訊號(Z1EX_TR)組

成，當BF訊號送至匯流排電驛，電驛本身需要同時偵測到過電流(50B1_DT)才會跳脫各斷路器，以防BF電驛的誤動作。

(1)跳脫一號匯流排邏輯式：87BTRm OR (50B1_DT AND Z1EX_TR AND 87B1_EN)，m=01,03,.....,17。

(2)跳脫二號匯流排邏輯式：87BTRn OR (50B2_DT AND Z2EX_TR AND 87B2_EN)，n=02,04,.....,18。

斷路器跳脫邏輯如圖32所示，當各電流輸入端輸出跳脫(TR01~TR18)時，同時也會輸出TRIP01~TRIP18，並啟動計時器(TDURD)來維持TRIP01~TRIP18之輸出，TRIP01~TRIP18規劃於SEL-487B之跳脫斷路器輸出接點(OUT201~206、OUT301~306、OUT401~406)。

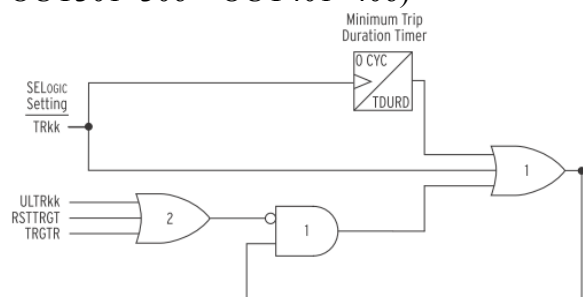


圖32 斷路器跳脫邏輯

5. 相關輸出接點設定

(1)動作一號匯流排輔助電驛：87Z1 OR (50B1_DT AND Z1EX_TR AND 87B1_EN)

(2)動作二號匯流排輔助電驛：87Z2 OR (50B2_DT AND Z2EX_TR AND 87B2_EN)

6. M_{IRROR}D BITS通訊設定

SEL-487B提供A、B兩組通訊頻道，為了使三具電驛能互相傳遞M_{IRROR}D BITS，須將各電驛以RS-232互相連接，如圖32所示，其中Port 1為A頻道；Port 3為B頻道，三具電驛之設定如下：

- (1)R相：Port 1：Tx=1，Rx=2；
Port 3：Tx=1，Rx=3。
- (2)S相：Port 1：Tx=2，Rx=3；
Port 3：Tx=2，Rx=1。
- (3)T相：Port 1：Tx=3，Rx=1；
Port 3：Tx=3，Rx=2。

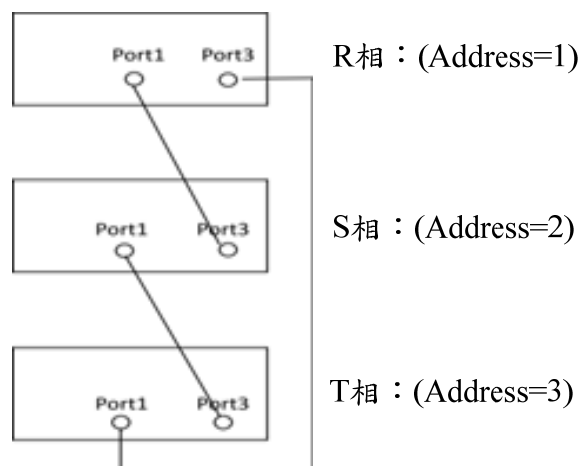


圖32 SEL-487B M_{IRROR}D BITS通訊設定

7. M_{IRROR}D BITS傳送信號

三具電驛之第一、二位M_{IRROR}D BITS皆規劃為傳送一、二匯流排保護的啟用狀態。而因為一、二號匯流排VT接至R、S相電驛之電壓元件，故只有R、S兩具電驛會傳送欠電壓監視字元，相關規劃如下：

(1)R、S相：

- TMB1A/B：87B1_EN
- TMB2A/B：87B2_EN
- TMB3A/B：UV_AL
- TMB4A/B：UVR_SUP
- TMB5A/B：UVS_SUP
- TMB6A/B：UVT_SUP

(2)T相：

- TMB1A/B：87B1_EN
- TMB2A/B：87B2_EN

(二)一又二分之一斷路器三相式保護

本保護方式為使用每具SEL-487B作為單匯流排之三相完整保護，其CT接線圖如圖11所示，相關保護邏輯設定說明如下。

1. 保護區間設定

- (1)第一區間(BZ1)設定為R相之保護
- (2)第二區間(BZ2)設定為S相之保護
- (3)第三區間(BZ3)設定為T相之保護

2. 區域監視邏輯設定

(1)設定參數說明

- 87B_EN：利用電驛之IN501/IN502輸入接點，將電驛盤面一號匯流排保護閉鎖開關狀態接至電驛，並規劃於PLT01S/PLT01R保護邏輯字

元。

- Open CT Detector：OCTZ1、OCTZ2、OCTZ3。
- Delay：延時0.5週波。

(2)區域監視邏輯設定式

- Z1S：87B_EN AND NOT OCTZ1 AND DELAY。
- Z2S：87B_EN AND NOT OCTZ2 AND DELAY。
- Z3S：87B_EN AND NOT OCTZ3 AND DELAY。

3. 保護邏輯：如下表所示。

邏輯代號	代號別名	功能
PCT01Q	UV_AL	欠電壓警報
PCT02Q	DELAY	延時0.5週波
PCT03Q	50_DET	匯流排過電流偵測
PLT01	87B_EN	匯流排保護啟用狀態
IN101	EX_TRIP	外部BF觸發訊號

4. 跳脫邏輯規劃(TR01~TR18)：87BTRm OR (50_DET AND EX_TRIP AND 87B_EN)，m=01,02,.....,18。

5. 相關輸出接點設定

- (1)跳脫#1 CB：TRIP01 OR TRIP02 TRIP03
- (2)跳脫#2 CB：TRIP04 OR TRIP05 TRIP06
- (3)跳脫#3 CB：TRIP07 OR TRIP08 TRIP09
- (4)跳脫#4 CB：TRIP10 OR TRIP11 TRIP12
- (5)跳脫#5 CB：TRIP13 OR TRIP14 TRIP15
- (6)跳脫#6 CB：TRIP16 OR TRIP17 TRIP18
- (7)跳脫輔助電驛：TRIP

六、結論

SEL-487B 提供 18 個電流輸入及 6 個匯流排保護元件，對於不同的匯流排架構，可使用 SEL 提供之 QuickSet 套裝軟體進行快速且彈性化的規劃保護區間及各項匯流排保護功能設定，而且可以設置最多 6 組的保護組群，針對不同的系統狀況，能夠快速的切換保護組群。

而在電驛的保護功能方面，SEL-487B 利用兩段式可變比率抑制原理，對於內、外部兩種不同故障類型採取不同的差動保護特性，既可保全內部故障所要求的動作快速性，又可提高外部故障的安全性，增進系統的穩定度。此外還具備電流方向性元件、總差動保護元件、內外部故障偵測邏輯、電壓監視元件及其他先進保護演算法，可做為電驛最終跳脫訊號輸出的條件，增進匯流排保護電驛動作的可靠度。

七、參考資料

- [1] IEEE Std. C37.234-2009, IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power System Buses, November 2009.
- [2] SEL-487B Relay Instruction Manual, Schweitzer Engineering Laboratories, inc., September 2011.