

饋線保護不僅是3CO與LCO

亞力電機 范建誼

一、前言

長久以來，饋線保護因受限於傳統 EM 式保護電驛之功能，幾乎都是以相過電流保護(3CO)以及接地過電流保護(LCO)為僅有的保護方式。然而，隨著對電力品質的要求不斷提高以及智慧型保護電驛(IED)功能的持續增強，許多以前達不到或需要多種電驛組合才能達成的保護需求，已可以藉由單一多功能 IED 來成就；而台灣剛起步的饋線自動化之需求，也有賴多機能 IED 來實現。本文將首先簡介 SEL-351 系列電驛在饋線保護上提供之功能，再談冷載啟動、斷路器故障與其非常重要的跳脫線圈故障監視(TCM)、電池監測以及斷路器耗損監測等附加功能，然後是其在閉環路饋線自動化上的運用，最後以總結收尾。希望藉由本文的介紹，能再次思考是否饋線保護應跳出 3CO 與 LCO 之既定框架。

二、饋線保護

SEL-351 提供遠超過 3CO 及 LCO 之保護功能如圖 Figure 1。

負相序過電流電驛

除了傳統過電流電驛 50/51、50N/51N 外，負相序過電流電驛 50Q/51Q 是高靈敏度的保護功能。

因負相序電流只有在三相不平衡時才會出現，故始動電流可以設的很低，如 51

設定為二次側電流 6A 時，51Q 可能設為 1.5A 即可，可大大提高故障保護之靈敏度，且負相序電流不受轉供的影響，可簡化保護設定。

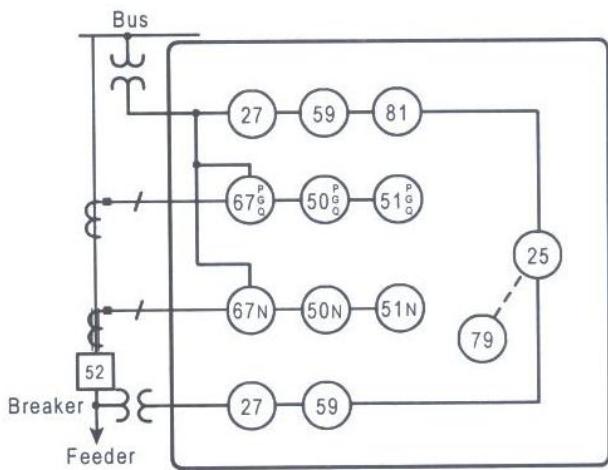


Figure 1 · SEL-351 饋線保護功能

(拷貝自 SEL-351A Data Sheet)

電壓電驛及頻率電驛

電壓過低(27)、過高(59)或頻率(81)過慢、過快都會危害系統，SEL-351 並提供計時器(Timer)可靈活運用。以前一個變電所可能只配備一個或數個頻率電驛，一旦需要卸載(Load Shedding)時，可能同時得放棄許多饋線。若每條饋線都有自己的頻率電驛，且動作的始動頻率及時間都是獨立可調整的，卸載可依據規劃的優先順序進行，變得更為精準有效。同樣的，電壓電驛也可這樣運用。

方向性過電流電驛

方向性過電流電驛(67/67N)在傳統的饋線保護上，除非在負載端有大發電機或大馬達，或許沒有太大的使用機會，然而以 67/67N 來取代 50/50N 或控制 51/51N 的啟動與否，可更確定電驛保護範圍是往饋線電流流出方向。在饋線自動化的應用上，67/67N 將扮演舉足輕重的角色，用來確定故障區段，不可或缺，否則得使用相當昂貴的電流差動(87L)電驛。

復閉電驛與同步檢定電驛

4 段式的自動復閉(79)功能，可任意選擇使用幾段復閉，各段復閉時間也可獨立設定。其最大功能是，可以以不同的故障類型(如三相短路故障，50/51N 瞬跳等)、不同的故障電流(如二次側電流大於 15A 等)、不同的狀況(如跳脫線圈故障、電池能量不足、斷路器耗損到一定程度，電壓不同步等)來禁制復閉，以避免發生斷路器無法再跳脫，發生災害。而同步檢定(25)電驛在目前的饋線保護上用不到，若以後閉環路饋線自動化使用到兩個不同變電所的主變時，同步檢定是有必要的。

三、其他保護運用與附加功能

冷載啟動

冷載啟動在有較大冷載湧流的饋線是應考慮的，冷載湧流最壞情況下可能大到正常負載的 5 倍，造成過電流電驛誤動作，SEL-351 可利用適當的邏輯編成，來達到既符合正常負載又符合冷載啟動狀態之保護。

如圖 Figure 2。51PP、51GP 分別代表延時相及接地過電流始動電流，因 SEL-351 提供六段 50/50N 瞬時過電流元件

(50P1P~50P6P/50G1P~50G6P)，只要利用其中一段 50P5P/50G5P 設定為高於最大冷載湧流經驗值即可。冷載啟動模式的設計在斷路器打開一段時間後(可設定)，宣告進入冷載啟動模式，待斷路器投入時，若電流在 A 段即湧流雖超過 51PP/51GP 然仍小於 50P5P/50G5P 時，延時過電流電驛將被禁制，以避開湧流；若電流超過 50P5P/50G5P 進入 B 段，視為故障啟動延時過電流電驛，仍舊可以保護饋線。待湧流小於 51PP/51GP 時或斷路器投入一段時間後(可設定)，延時過電流電驛將自動回復為正常模式，一但偵測到電流大於 51PP/51GP 時，即視為故障立刻啟動延時過電流電驛。

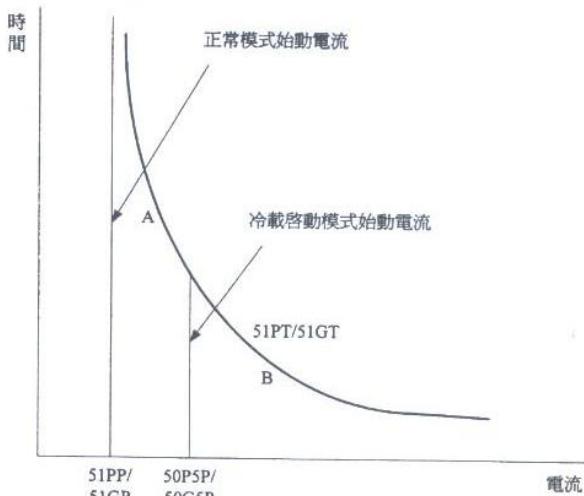


Figure 2・冷載保護延時過電流曲線

跳脫線圈故障監視

只要利用一數位輸入點再加上 52A 狀態輸入點，如圖 Figure 3 就可很簡單的做成跳脫線圈故障監視(TCM)。當 IN1=1 即斷路器投入，若發現 IN2=0，可知跳脫線圈(TC)斷線，可程式一數位輸出點為 TCM 警報，通知控制中心，以避免故障發生時斷路器無法跳脫。

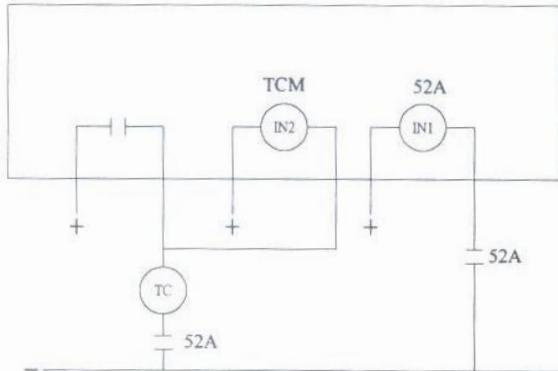


Figure 3・跳脫線圈監視應用

SEL-351 提供動態電池監測功能，不斷監測電驛之工作電壓，當斷路器跳脫的瞬間，可依據實際的量測結果，判斷電池的狀況，若電壓過低可立即禁制復閉電驛動作，避免再跳脫失敗。

斷路器耗損監測 (Breaker Wear Monitoring)

目前的斷路器維護，取決於斷路器動作次數，然而斷路器耗損應決定於實際啟斷電流的大小。

SEL-351 可輸入斷路器的耗損曲線如圖 Figure 4，並依據實際累積的啟斷電流量，來產生警報或禁制復閉，警報點可設在 90% 或更保守的數字，此功能是非常實用的。

四、閉環路饋線自動化之運用

饋線自動化是未來的發展方向，閉環路系統因能提供高品質的電力，是大都會區以及重要工業區的需求。圖 Figure 5 為 SEL-351 運用的基本概念。

鏡射位元 (Mirrored Bits)

SEL-351 提供鏡射位元的功能，配合方向性過電流電驛的運用，可達到原輸電線測距保護用的副線保護(85)功能。鏡射

位元由一串列通訊埠透過通訊線，取代實際硬體接線或音頻載波，向對方相對應電驛直接傳送 8 數位輸出點(DO)之訊號，並從對方相對應電驛接收 8 數位輸入點(DI)之訊號。藉由這 8 組的 DI/DO 的資料傳送，可將副線保護 POTT (Permissive Overreaching Transfer Trip) 保護方式需要的 PT (Permit Trip) 訊號、DCB (Directional Comparison Blocking) 保護方式需要的 BT (Block Trip) 訊號以及 DTT (Direct Transfer Trip) 保護方式需要的 DTT 訊號，直接且快速的互相傳送。圖 Figure 5 之(2)號及(3)號電驛、(4)號及(5)號電驛各為相對應的一組電驛，分別透過鏡射位元保護一特定區段。

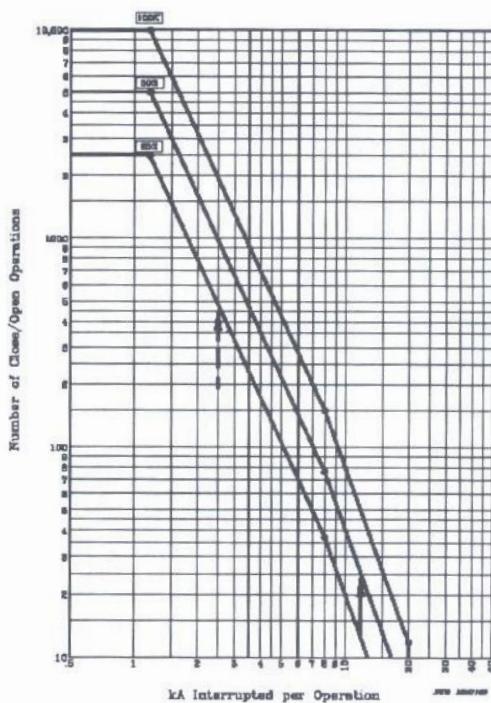


Figure 4・斷路器耗損狀態曲線
(拷貝自 SEL-351 使用手冊)

POTT 與 DCB 並存

經由適當的邏輯編排，SEL-351 可做到一般傳輸線保護無法做到的 POTT 與

DCB 並存，來符合饋線自動化的需求。

當故障發生時，感測到流出向(從匯流排向外流)電流 67OUT 之電驛，向相對應電驛送出 PT，允許對方電驛進行跳脫，一但對方電驛也感測到流出向電流；相反的，感測到流入向(流向匯流排)電流 67IN 之電驛，向相對應電驛送出 BT，禁制對方電驛進行跳脫。如圖 Figure 5 所示，當故障發生在 A 位置時，只有(2)、(3)號電驛同時感測到 67OUT 與收到 PT，故只有(2)、(3)號電驛發出跳脫訊號，跳脫 CB2 與 CB3 隔離故障。若故障發生在 B 位置，所有線路區段保護電驛，不是感測到 67IN 就是被 BT 禁制，不會發出跳脫訊號，只有由匯流排保護邏輯來動作。

為何要 POTT 與 DCB 並存？POTT 因可靠而快速，一般做為主保護，但通訊線不正常時，PT 將無法送達對方電驛，POTT 無法工作，若無 DCB 做為其後衛保護，故障無法隔離。然 DCB 的動作時間一定得延遲一段時間，讓 POTT 先動作，以求保護的可靠度。

五、結論

提供更高品質的電力給用戶，一向是

電力系統與電力設備從業人員追求的目標，而饋線之保護，因與用戶直接相關，更形重要。傳統饋線保護，一般以 3CO 與 LCO 保護為主，已無法滿足用戶的要求，尤其是對於大都會區以及重要工業區，更是如此。本文介紹 SEL-351 多功能 IED 所能提供之精緻的饋線保護，遠超過 3CO 與 LCO 的保護範圍，甚至能運用於饋線自動化，達到未來的需求。饋線保護，豈僅是 3CO 與 LCO？

參考文獻

- [1] SEL-351 Instruction Manual
- [2] SEL-351 Data Sheet
- [3] Dean Hardister, "Cold Load Pickup Scheme Using SEL-351 Relay," SEL Application Guide AG99-09.
- [4] Jeff Roberts and Armando Guzman, "Directional Element Design and Evaluation," SEL Technical Paper 6009
- [5] James R. Fairman, Karl Zimmerman, Jeff W. Gregory and James K. Niemira, "International Drive Distribution Automation and Protection," SEL Technical Paper 6114

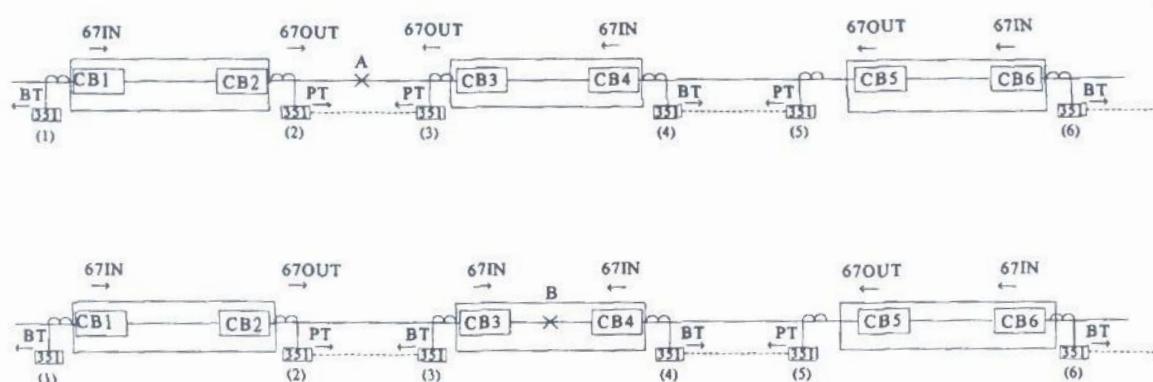


Figure 5 · 閉環路饋線自動化的運用