

# 淺談後衛保護電驛

■ 簡文通

台電電力調度處

## 壹、前言

所謂後衛保護電驛，依照 IEEE 標準解釋，它係與主保護系統 (Primary Protective System) 並行獨立運作，且當主保護電驛失靈或暫時無法提供保護作用時(例如因定期試驗檢測而暫時閉鎖時)，它有能力負起保護作用的另一套保護系統。

一般而言，不論發電機、變壓器、母線或輸電線路等，均裝有一套快速主保護電驛，再依設備的特殊需求，配裝其它慢速或經適當延時的後衛保護電驛，依主保護快速，後衛保護慢速之原則設計。通常主保護與後衛保護之間，不論功能或保護區域均或多或少有重疊性，免得保護上發生死角。而對超高壓變電所之 345KV 母線，自耦變壓器及輸電線路等，由於是系統供電主要設備，因此裝設有兩套快速主保護電驛，期能

快速清除事故，而不致影響到系統正常穩定之供電。

為使讀者瞭解後衛保護電驛，在此依不同設備之保護需求逐一簡單介紹。

## 貳、輸電線路後衛保護電驛：

345KV、161KV 及重要之 69kv 輸電線路主保護電驛，是基於保護第一段線路全部(即本線段)，且能快速清除或隔離事故之原則而設計。為達到此目的，保護電驛往往必須藉各種通信媒體及其相關設備輔助控制，例如載波、微波、光纖、副線等等。而究竟是採何種通信媒體，一般而言須視電壓等級、重要性、線路長短及通信媒體之方便性等因數而定。至於後衛保護電驛的設計原則是對 161KV 以上的線路，普遍均採阻抗型測距電驛；而對 69KV 輸電線路，由於線路通常較短之故，除少部份

線路採阻抗型測距電驛外，一般均採反時性方向性過電流電驛或過電流電驛。茲分述如下：

### 一、345KV 輸電線路

345KV 輸電線路由於是台電輸電系統的主幹，對系統穩定性影響甚大，因此採雙套保護系統，我們可稱之為雙套主保護，亦可說一套為主保護，另一套為後衛保護。事實上，在此兩套保護系統內，各自均含有純阻抗型測距後衛保護電驛，亦即階梯式測距電驛，如圖一所示。其中除了電磁型接地後衛電驛及近年來所採用之數位式電驛，不論相間或接地電驛為三區間外，其餘早期所採用之靜態電驛其相間及接地後衛保護電驛均為兩區間式。為使 345KV 線路後衛保護更加周全，範圍更廣，多年前已將後衛保護方式加以檢討整合，將電磁型第二區間相間保護變更為第三區間（亦即將阻抗標置依第三區間範圍而延時變更為 30 週波設定），而將原靜態電驛之相間第二區間之保護仍保留不變。近年來已在採購靜態/數位電驛時，將原屬選擇性配件的第三區間元件列為必要配備，在保護運用上將更具彈性，並可加強後衛保護。

基本上，電磁型與靜態/數位型電驛這兩種保護系統，除了跳脫相同斷路器

外，應是獨立運作，互不相干，其各自使用不同組 CT、不同組 VT 或 PT、不同組直流電源，動作不同組跳脫線圈，使用不同方式或不同管道的通信媒體（註早期因微波尚不普遍，頻道受限，因此兩種保護系統有部份是使用相同的載波頻道，但利用輸電線不同相別傳送控制信號，所採行的保護方式亦不相同），如圖二所示，堪稱為很完備之後衛保護。事實上，這也是最理想的保護方式，只要設計完善，各項保護電驛用之相同設備，如上述之 CT、VT/PT、直流電源、跳脫線圈（含跳脫回路）等均正常的話，則不論何種事故，保護電驛均將充分發揮功能，將事故儘速隔離。當然，如遇斷路器失靈，例如操作機構失靈或跳脫線圈斷掉而致無法啓斷之情況，則此兩套保護電驛勢將無法發揮其應有功能，將事故隔離。此時必須另外依賴斷路器失靈保護電驛（**Breaker Failure Protection Relay**），將該失靈斷路器周圍之所有相關斷路器（含遠方相關廠所）皆跳脫啓斷，使事故局限在某一最小範圍而不致擴大，有關斷路器失靈保護將於本文稍後再作詳細討論。

### 二、161KV 輸電線路

基本上 161KV 輸電線路是採一套主保護，一套後衛保護方式，其相間及接

地後衛電驛均為三區間式之階梯式測距電驛，(Step-distance Relay)如圖一所示。

由於可能受到 CT、PT 甚至電驛誤差(含標置及試驗之誤差)等因素的綜合影響，第一區間(Z1)的保護範圍，均設定在所保護線段的 80~85%左右，視線路距離長短而略有差別，以避免因誤差影響使得電驛越區(Overreach)而有誤動作機會，引起快速但屬多餘而為不必要之跳脫。另一方面，由於第一區間不能標置在整個線段 100%之緣故，以致若事故恰好發生在靠近遠端的 15%~20%範圍(或從近端算起 80%~100%或 85~100%的範圍)，而此時主保護又因載波機或音頻設備或副線不良而暫時閉鎖時，則將無法快速跳脫，而須依賴 Z2 延時跳脫將事故清除隔離。延時跳脫對系統之影響程度，端視系統臨界清除時間而定，此不在本文討論範圍。

順便一提的是，在載波或微波之四區間保護電驛系統內，相間後衛保護電驛原設計上僅 Z1 及 Z3 有個別安裝電驛，Z2 電驛是利用主保護之 ZP 電驛加上延時電驛所構成，但其跳脫回路並不受主保護閉鎖與否所控制，其大概之跳脫回路圖如圖三所示。一般之靜態電驛如 ABB 製之 MDAR 或 GE 製之 DLP 等，其後衛保護 Z2 及 N2 均由 ZP 及 NP 再配合各別之延時電驛所構成。

### 三、69KV 輸電線路

常見的 69KV 輸電線路，若為短距離且為環路供電系統者(13 公里以下)，則不論市區地下電纜或架空線路，一般均以副線電驛為主保護，而配以方向性過流電驛為後衛保護。若為放射狀供電系統，除在一次變電所出口端裝設一具三相單區間或三具單相三區間測距電驛保護外，一般均以反時性過流電驛為主保護兼後衛保護。運用此種過流電驛或方向性過流電驛時，由於電驛動作時間與故障電流大小成反比，為免電驛動作過快或過慢，形成多跳現象，進而影響到供電可靠性，因此各站之間適當的協調將是很重要的，其標置的原則大致如下：

- 1.末端二次變電所 25MVA 配電變壓器 69KV 側之故障，則其過流電驛必須在 10Hz 以內清除故障。
- 2.各變電所電驛動作時間差，係以同一故障電流為基準。

相間電驛：0.4 秒

接地電驛：0.5 秒

- 3.放射狀供電系統之同一輸電線路，其送電端與受電端過流電驛標置相同(若有 Tap 之輸電線路，則以受電端過流電驛標置最長者為準)。

4. 雙回線或環路供電系統之方向性過流電驛，其協調係以同一方向之電流為準，且在環路系統中最鄰近一次變電所之二次變電所，它所連接一次變電所輸電線路之保護電驛，無論相間或接地電驛，對於輸電線故障均應在 10Hz 內跳脫。

5. 69KV 輸電線路過流電驛或方向性過流電驛分接頭設定值之決定，原則大致如下： $(1.05\sim 1.25)\times$ 輸電線安全電流。

#### 參、變壓器後衛保護：

變壓器一般而言，均以快速的差動電驛及變壓器內部各種突壓電驛為主保護外，另依電壓等級而配以不同之後衛保護。

1. 345KV/161KV 自耦變壓器：裝設於 161KV 側之阻抗電驛及適當之延時 (60Hz)。

2. 161KV/69KV 主變壓器：有裝設於 161KV 側之阻抗電驛及適當之延時 (90Hz)，另有裝設於 69KV 側之過流電驛，其時間標置係以通過該主變之可能最大三相短路故障電流為準，依 IEEE、IEC 或 ANSI C57.109~1985 等標準而定，另需與 69KV 輸電線出口線路之過流電驛/阻抗電驛之時間標置相

互協調，原則是比 69KV 出口線路中最長標置還慢 50Hz。

3. 161KV/23KV 主變壓器：高壓側裝設有過流電驛及接地過流電驛，低壓側各主斷路器(Main CB)亦分別裝設有過流電驛等。

4. 69KV/11KV 主變壓器：高壓側裝設有過流電驛，其時間標置係以 11KV 側三相短路故障時，69KV 之過流電驛必須在 0.5 秒內清除為原則。

除以上所述外，在各主變中性點亦安裝有接地過流電驛，做為線路側接地之後衛保護。

#### 肆、斷路器失靈保護：

除了以上簡單介紹各級輸電線及變壓器之後衛保護外，尚有一種重要的後衛保護值得一提，即斷路器失靈保護。這是在超高壓變電所或重要的發電廠、161KV 變電所等，對 161KV 以上之斷路器所設計的一種極重要、把守最後關卡的後衛保護。

由於超高壓系統是台電電力系統的主幹樞紐，因此對各種超高壓變電所或發電廠設備的保護必須非常周密，通常都採用兩套主保護及必要之後衛保護，在如此周密的保護下，遇事故時除非斷

路器失靈，否則應該都會快速跳脫。唯若不幸，真的碰到斷路器失靈情況，則不管有幾套主保護或後衛保護，亦將感嘆英雄無用武之地，無法發揮真正的保護功效了。此時的電力系統有可能因壹具斷路器的失靈而陷入崩潰的危機中，為此乃有斷路器失靈保護的邏輯觀念應運而生。

根據圖四之邏輯所示，我們可以瞭解到斷路器失靈保護是處於被動之地位，必須依賴主保護或後衛保護電驛動作後提供一觸發信號，如斷路器未能被主保護或後衛保護電驛即時跳脫，即表示斷路器有失靈現象，此時依此一觸發信號及事故尚存在的過流信號去動作延時電驛，經適當設定之延時後，即把該失靈斷路器周圍所有之斷路器均跳脫將事故隔離。由於斷路器失靈電驛一旦動作所影響的層面很大，尤以雙母線之變電所為甚。因此我們在標置延時設定時，必須將各種可能的因素均考慮進去，例如斷路器啓斷時間，電驛復歸時間等，再加上一點後衛餘裕時間，以消除不必要之誤動作。

以上所談的僅是本所近端的斷路器失靈保護的跳脫情況。事實上，在事故發生時(尤其是永久性的事故)，欲將事故隔離，仍有賴遠端相關斷路器亦能及時跳脫，而這除了靠遠端斷路器的主保

護及後衛保護外，我們亦可經由近端的斷路器失靈保護跳脫系統中，提供一些必要之協助，以加速遠端斷路器的跳脫。較為普遍採用的是在四區間載波閉鎖系統中，停止發射(Stopped Keying)載波信號，以及在 POTT 四區間保護系統中之發送(Send)微波信號。這兩種信號在其個別的保護系統中，均只是協助跳脫而已，如要跳脫尚有賴遠端主保護或後衛保護之電驛正確動作。除此之外，我們尚可安裝遙跳設備(一端發訊，他端接收或兩端均有發訊及接收設備)，經由斷路器失靈保護之跳脫系統，提供觸發發射機之信號，直接去遙跳遠端相關斷路器，這在台電核能機組及部份大型火力機組中已使用多年。其目的是針對發電機組與輸電線路共用的斷路器(Tie CB)發生斷路器失靈時，為避免系統逆送電力至發電機組，從而損及發電機組設備而裝設。截至目前為止成效不錯，至少已無發電機組受損記錄，應該是值得繼續投資。

## 伍、結論：

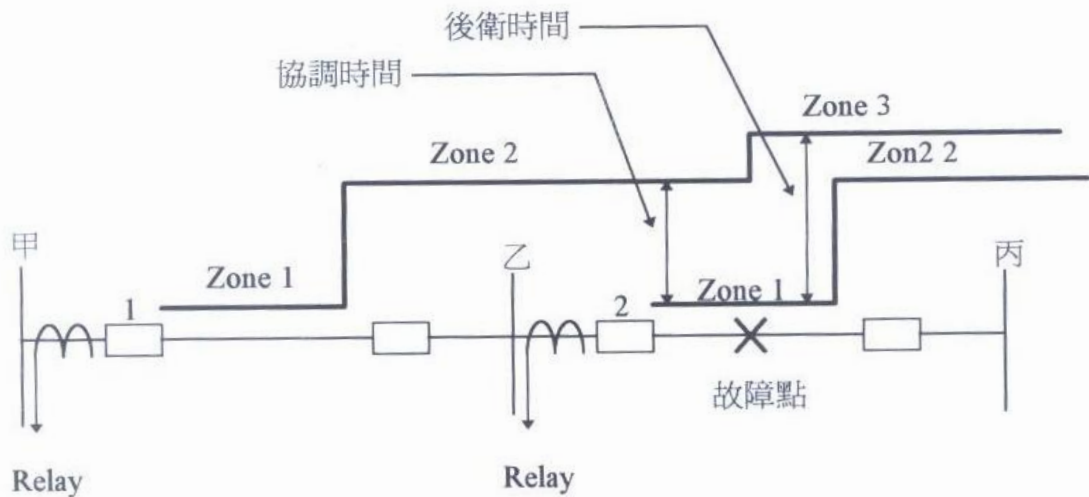
- 1.適當的後衛保護，在電力系統裏是必須而不可或缺的。
- 2.在後衛保護電驛系統裏，適當且最佳的延時跳脫，除可保護電力系統設備外，尚可確保電力系統免於不

穩定及崩潰。

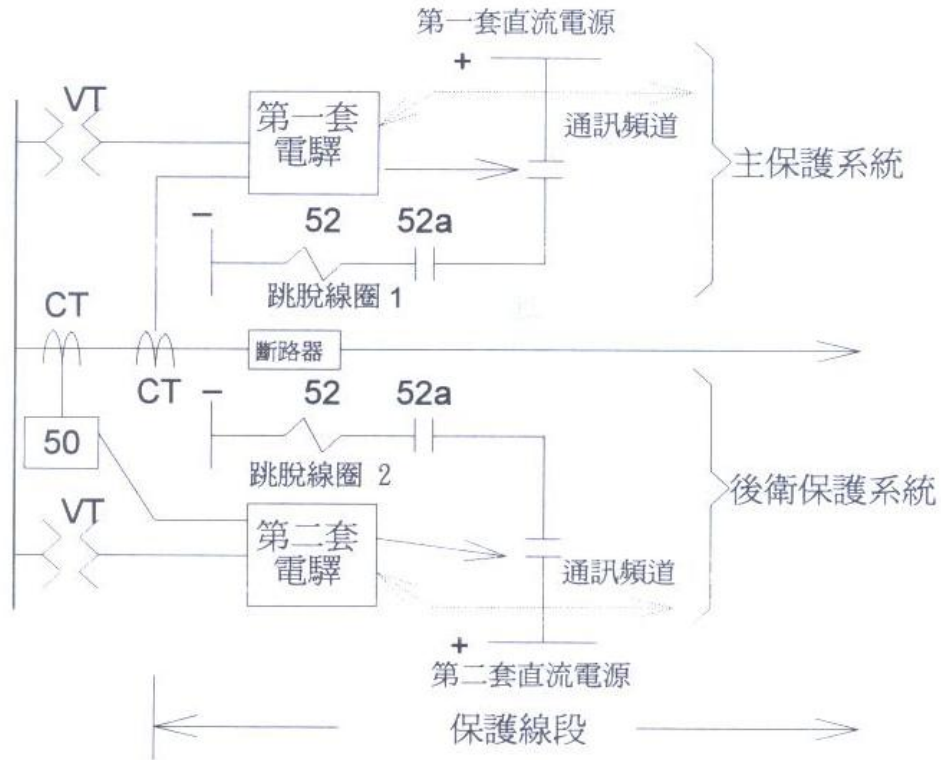
- 3.最佳之後衛保護是設計及安裝兩套各自獨立運作的保護電驛，例如兩套靜態電驛。以保護電驛在電力系統所佔的低比例成本而言，這種投資將是非常值得的。
- 4.在電力系統裏，斷路器職司開關動作，其重要性不言可諭，尤以事故時之啓斷動作爲甚。因此，其跳脫

線圈及跳脫回路之自動監視系統，將是非常重要的，尤其是無人化之變電所。

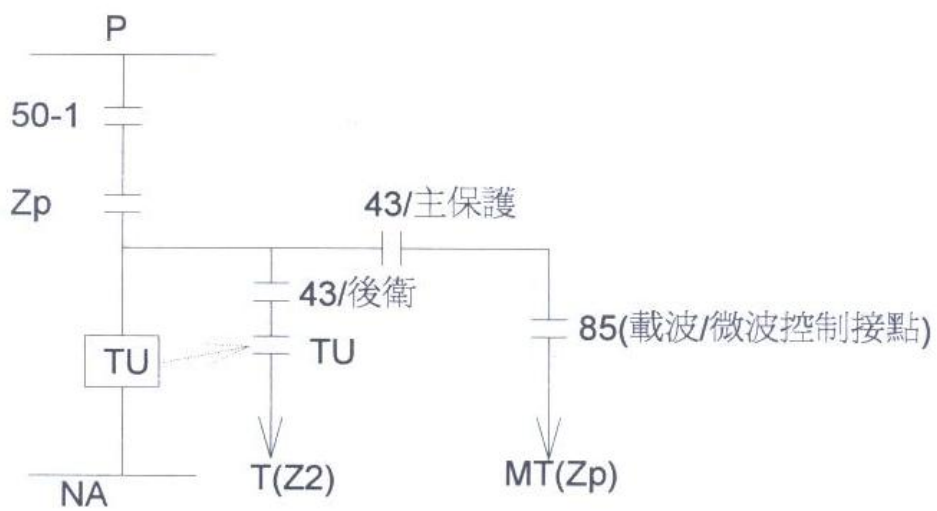
- 5.在靜態電驛內設計雙電源供應器有其必要性，正常時此雙電源供應器負責供應電驛所需電源，而一旦其中一組故障，另一組亦有足夠能力供應所需電源。



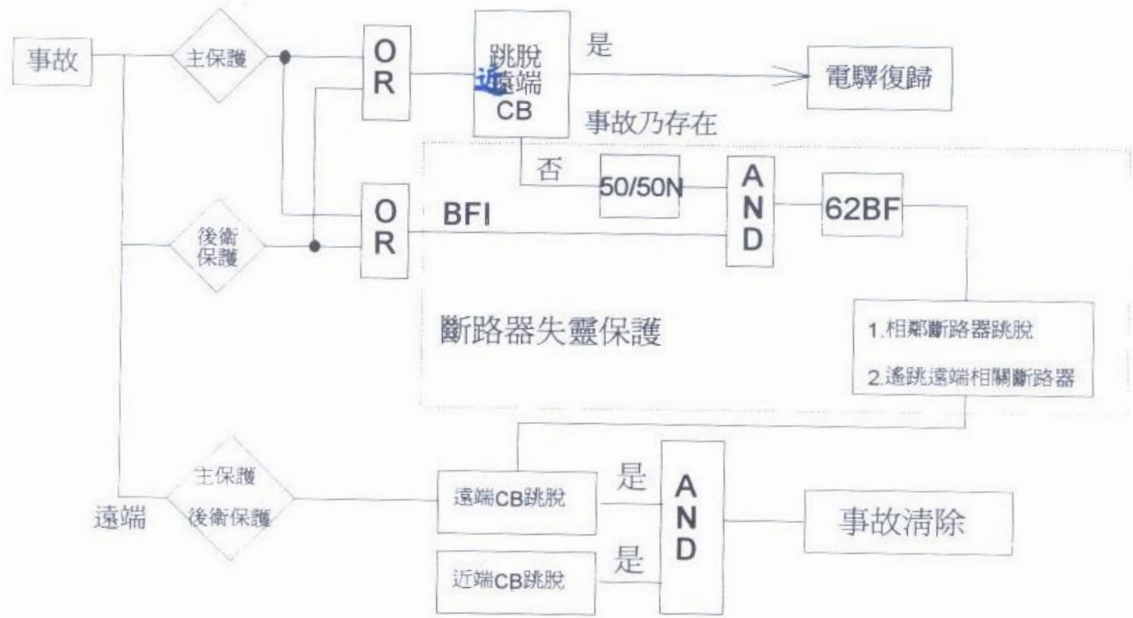
圖一、階梯式後衛保護電驛方式



圖二. 兩套獨立之保護電驛



圖三.  $Z_p/Z_2$  共用電驛跳脫示意簡圖



圖四. 斷路器失靈保護邏輯圖