

# 差動保護電驛原理 與應用

■李河樟

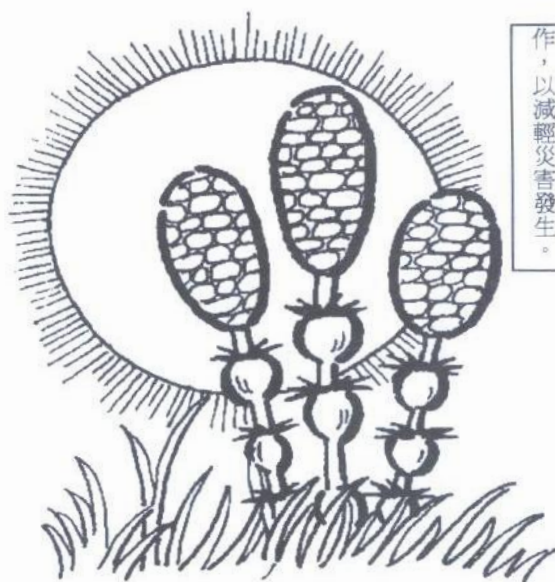
## 一、前言

# 保

護電驛依其動作原理之不同，可區分為電流平衡電驛、比例差動電驛、多重抑制電驛、乘積電驛等

四大類。如依其動作特性來區分，則可分為測距電驛、過電流電驛、方向性電驛、反時性電驛、欠壓電驛、過壓電驛、接地或相間電驛、高或低速電驛、方向性比較電驛、相位比較電驛等。每一類電驛都各有其特點，依被保護設備之需求，來選用適當之保護電驛。

保護電驛之選用有其基本要求：可靠、具有選擇性、快速、靈敏、簡單。只要符合這些基本條件之電驛，



平時做好保護電驛工作，以減輕災害發生。

即為適當之保護電驛。一般而言，如果所加之於差動電驛之訊號（例如電流）能忠實反映實際情況，則差動電驛保護方式可完全滿足上述之基本要求，是一種相當完美的保護電驛。

近數十年所發展出來之所有保護技術中，至目前為止乃以差動保護方式為最佳。差動保護可廣泛運用於整個電力系統內的所有電氣設備，包括：發電機、變壓器、輸送電線路、匯流排、馬達、電容器組、電抗器等

等，或是上述某些設備之組合。因此，每當論及電力設備保護時，毫無例外的，優先考慮的一定是差動保護方式，而且通常都選為主保護。

## 二、差動電驛之基本原理

差動電驛可分為電流差動方式及電壓差動方式，比較常用者為電流差動方式，故本文將僅就此一範圍加以闡述。電流差動方式係將兩種或兩種以上之電流同時輸入電驛，電驛就這些電氣量比較其相量（Phasor）差，如果此一差值大於預設之數值時，電驛即動作。亦即流進或流出保護範圍之電氣量，經由比流器而輸入電驛並加以比較，如果所有回路上之淨電氣量為零，則表示被保護範圍內之設備無事故發生，或所發生之異常狀況仍可容忍；然而假設所有淨電氣量不為零，則保護範圍內之設備必定有不可容忍之事故發生，此不為零之差電流將導致電驛動作。通常保護範圍內部之事故，既使是非常輕微的故障，均會提供顯著之動作電流。

一般而言，差動保護範圍可能有多重回路，但為簡單易懂起見，僅以一雙回路之差動保護範圍來說明差動

保護之基本原理、方法，因為不管有幾組回路，其原理皆相同。如圖一所示，電氣設備在正常運轉狀態下，所有流進與流出保護範圍之總電流（一次側）基本上應該相等，適當的選用以比流器比值及比流器二次側正確的接線方式，可使得進入電驛之淨電流為零，因而電驛不會動作。如為外部故障情形，於圖二中其流過保護設備兩端之電流皆為 $I_F$ ，基本上，比流器二次側電流亦應相等，皆為 $I_S$ ，故進入電驛之電流亦為零，電驛不會動作。如果保護設備內發生事故時，故障電流由保護區域之兩側流入故障點，分別為 $I_{F1}$ 及 $I_{F2}$ ，如圖三所示，比流器二次側電流為 $I_{S1}$ 及 $I_{S2}$ ，此時差動電驛之動作電流不再為零，而是 $I_{F1} + I_{F2}$ ，故電驛應會動作。

對於差動電驛之動作，並不一定需要保護範圍內所有回路均提供故障電流。於圖三，如果僅左側為電源端，而右側純為負載端，則發生內部故障時，僅電源端提供故障電流 $I_{F1}$ ，而 $I_{F2}$ 則為零，即 $I_{S2}$ 為零，流經差動電驛之動作電流為 $I_{S1}$ 。即對於內部故障而言，沒有提供故障電流者，則無須提供差動電驛之動作電流。上述差

動電驛之基本原理，在一般正常情況下可以很圓滿的運用，但其先決條件是，流進電驛之電流，必須百分之百的忠實反應電力系統之實際狀態。一般而言，在平常負載情形下，此一問題並不很嚴重；但是對於外部故障流經大故障電流時，如果比流器二次側無法精確反應其一次側之電流，則可能導致差動電驛不正確的動作。（內部故障時，因其動作電流為  $I_{S1} + I_{S2}$ ，如果適當的選擇電驛靈敏度，則應不會影響電驛動作的正確性）。此乃因比流器本身性能的關係，理想的比流器是依其設定比值，百分之百精確的將一次側電流轉換成二次側電流。但是實際上比流器本身有其激磁回路，轉換過程中，部分二次側電流直接流經其激磁回路，而無法流入其負載—電驛。此一激磁電流的大小，隨比流器之種類及其飽和程度而定。一般保護電驛用比流器在未飽和時，其激磁電流並不顯著，但既使再怎麼微小，其存在乃為事實；尤其在外部故障的大電流流過時，此一激磁電流一般皆相當顯著。在外部故障或負載電流情況，進入電驛之電流為比流器二次側電流減去比流器本身之激磁電

流  $I_e$ 。其電流分布情形如圖四所示， $I_p$  為流進或流出保護範圍之一次側電流， $I_s - I_e$  為二次側電流，等於一次側電流除以比流器之比值並減去其二次側激磁電流。

既使選用型式、規格、比值完全相同之比流器，其二次側激磁電流由於各種因素，也不可能完全相同，諸如：保護設備內之損失、同型式比流器性能間之差異等。因此，在最大外部故障電流流過時，假如比流器沒有明顯的飽和現象，其流進電驛之差電流  $I_{OP}$  固然很小，但是不必然為零。而對於不同比流器及比值，雖然同樣的一次側電流，其激磁電流必然會產生更大之差異，而可能產生較大的差電流，導致電驛動作。保護電驛之運用，必須考慮各種可能引起電驛不正常動作之現象，故此一異常現象必須設法避免，使差動電驛在任何外部故障時皆不會動作。

故雖然最簡單之差動保護方式，係以一瞬時過電流元件做為差動電驛如圖一，但因某些比流器於外部故障時，因電流突然增大及伴隨之直流補償效應引起之暫態現象，使得此種運用方式成為極度困難且不確實際。但

可以很謹慎的使用延時過電流電驛做流差動保護，例如以延時過電流電驛做為匯流排之電流差動保護。

### 三、比率差動電驛之原理

差動電驛在實際運用上，由於受到比流器性能之影響，唯恐於外部故障之大電流時發生誤動作，故其靈敏度無法提高至滿意程度。為提高差動電驛對於輕微內部故障之靈敏度，而且對於任何外部故障具有較高之安全性，絕大部分之差動電驛皆為比率差動型。圖五為此一類型電驛於兩個回路設備的保護方式簡圖，即比流器二次側分別接到抑制線圈 R，電流流經抑制線圈以抑制電驛動作，而與此線圈相連者為一動作線圈 O P，電流流經此線圈則趨使電驛動作。由於多了此一抑制的力量，而可將電驛之始動電流降低，以提高靈敏度而仍保有極高之安全性。

差動電驛的比率可以是固定的，也可以是可變的比率，其典型的特性如圖六所示，橫座標為通過抑制線圈之電流，此一電流可為較大值之電流  $I_{R2}$ ，亦可為較小之電流  $I_{R1}$ ，此由電驛之設計者決定，故每一種廠牌之比率差動電驛，對於比率之定義並不

一致。如 A B B 公司之 HU 系列差動電驛，係以較大抑制電流為基準；而如 G E 公司製造之 BDD、STD 型系列差動電驛，則以較小抑制電流為基準。固定比率的差動電驛，其比率通常在 10%~50% 之間，而使用於變壓器保護之比率差動電驛一般為 25%~50% 之間，（如 G E 公司製造之 BDD、STD 型系列差動電驛，其分接頭有 15%、25%、40% 三種），但不一定有分接頭可供選用，（如 A B B 公司製造之 HU 系列差動電驛，其可變比率為從小電流之 20% 到極大電流 60%，但可做小範圍之調整；CA 型變壓器用差動電驛則有固定約 50% 不平衡特性）。

以 50% 固定比率之差動電驛特性為例，對於外部故障或負載電流，比流器二次側電流如為 10 安培，則要使電驛動作之最小差電流為 5 安培。如為 30% 固定比率之差動電驛，比流器二次側電流如為 10 安培，則差電流至少要 3 安培以上才能使電驛動作。

至於可變比率型之差動電驛，因其無固定之比率，故無分接頭可供選用，在通過電流較小時其比率較低，此乃因比流器在小電流時，其性能較佳，比較不會有飽和等暫態問題。但

在外部故障之大電流時，比流器之性能也許就不再那麼完美，而會有無法預期的差電流產生，可變比率型之差動電驛，在此時可自動提高其比率特性。如此，一方面可於小電流時具有高靈敏度，而在大電流時又兼具較高之安全性。

在此尚需說明的一點為：圖六所表示的比率特性，僅適用於外部故障或流過電流之情況。因差動電驛對於內部故障電流相當靈敏，內部故障時在兩組抑制線圈上之電流方向相反，或是其中一組抑制線圈上之電流為零。一般在做此類電驛之單體校驗時，僅於電驛電流輸入端通入單一電流，經一組抑制線圈後再流過動作線圈，而其他抑制線圈則無電流通過。差動電驛之始動電流約在0.14到3.0安培之間，依電驛之型式、分接頭及運用方式而定。

#### 四、差動電驛之應用

如上所述，差動電驛之原理是比較所有進、出保護區域（設備）回路上，其比流器的二次側電流之相量（Phasors），對於所保護之設備，如發電機、變壓器、電抗器、匯流排及馬達等，其比流器與保護電驛之距

離，通常在一很合理的範圍之內；但是對於輸電線路之差動保護，由於兩端之比流器分開有一極大之距離，其二次側電流要相互引接到對方之保護電驛，在實際運用上有其困難，此困難包括：傳輸電流之電纜引接的各項問題（施工、材料成本，引接路徑等等），以及如此長距離電纜必然具有的高阻抗，其加之於比流器的高負擔所引起比流器的容易飽和現象。

然而差動電驛方式如前所述，至今乃為最佳的保護方式，對於輸電線路之保護，如能克服電流訊息傳輸上的困境，差動電驛保護方式仍可廣泛被運用。現今已有多種差動型電驛，利用電學原理或（及）光電理論，將電流轉換成某種型態之訊號，經由傳輸媒介而可長距離傳送。如藉由副線金屬電纜、電力線載波、微波或光纖電纜等，將線路兩端比流器二次側電流，轉換成單相60Hz正弦波電壓（如HCB、LCB、DLS等）後互相傳送，並加以比較、判斷是否該動作。更可借助於電子技術將訊號數位化後，再經數位微波通訊系統或光纖電纜傳輸，則可避免訊號於傳輸過程中受干擾，如此更提高了輸電線路差動電驛之速

度及可靠性。

## 五、結語

差動電驛誠然可運用於電力系統上各電氣設備之保護，但各設備有其不同之特性，因而適合於此種設備之保護電驛，並不全然適用於另一種設備。使用於發電機之差動電驛，其靈敏度較高，亦不須使用比率型之差動電驛；而使用於變壓器保護之差動電驛，則因須顧及有載切換分接頭及比流器比值、電驛抑制分接頭之匹配誤差，必須使用比率型之差動電驛。變壓器由一端加壓時所產生之突入磁化電流，亦須有妥善之克服方法。

此外，差動電驛因具有較高之靈敏度，其動作訊號源只有電流要素，對於所流進電驛之電流的忠實度要求相當高，故對於比流器等級之要求亦相對較高。在規劃差動電驛保護方式時，一定要考慮比流器之飽和問題，亦即需要計算最大流過之故障電流，配合比流器等級、比流器與電驛之距離，選擇適當線徑之電纜。當然，相當重要的一點是，比流器二次側接線方式一定要正確，確認直流控制跳脫回路正常，更是達成保護目的不可或缺的要點。

不論是何種保護電驛方式，它都是一種保護系統，不是電驛單體就能達成保護目的。故無論是在計劃或是試驗時，均應從整體的觀點去衡量、執行，此乃從事於電驛工作者應有之基本態度。願共勉之！



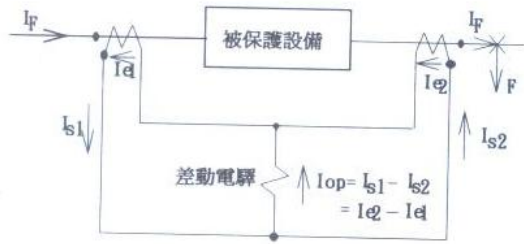
圖一 差動保護基本方式



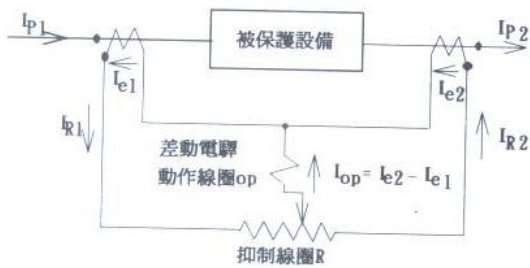
圖二 外部故障或負載電流情況



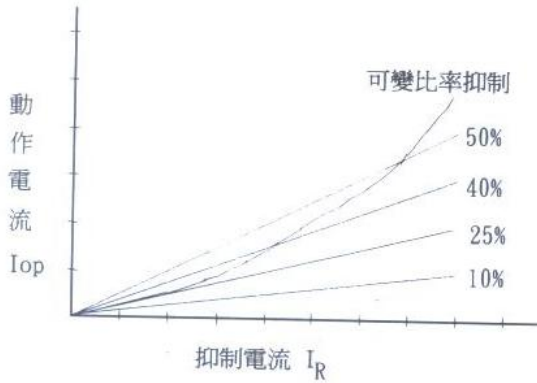
圖三 內部故障時電流分布情況



圖四 考慮比流器激磁電流之外部故障或負載電流情況



圖五 比率差動電驛保護方式簡圖



圖六 比率差動電驛特性圖

參考資料：

- 1、Protective Relays their theory and practice.  
(A.R.van C. Warrington)
- 2、Protective Relaying Principle and Application.  
(J.Lewis Blackburn)
- 3、Protective Relaying Theory and Application.  
(ABB 1994)
- 4、ABB, Transformer Differential Relays, Type HU, HU-1, HU-4 Instructions.
- 5、General Electric Company, Transformer Differential Relay With Percentage And Harmonic Restraint, Type BDD Instructions.