

# 保護電驛問題專欄

■李河樟編

## ☎ 1、為何要裝設保護電驛，其目的何在？

### ☞ 1、保護電驛裝設目的如下：

- ①被保護設備如發生事故，電驛能迅速、正確將故障設備從系統中隔離，使其他設備仍能正常運轉。
- ②設備如發生事故時，使停電範圍減少到最低程度。
- ③使故障設備之損害程度降至最小。
- ④使發生火警之機率減至最少程度。
- ⑤減低人員損傷程度。

## ☎ 2、請問是瞬時保護電驛動作快呢？或是快速保護電驛動作較快？

### ☞ 2、這首先要從保護電驛之速度說起，電驛之動作速度大致可分為：

- ①瞬時：當電驛判定應該動作時，立即動作，沒有刻意加以延時來減緩電驛的反應，此類電驛稱為瞬時電驛。

②延時：在電驛判定該動作與電驛完成動作之間，加入刻意的時間延遲。（如利用動作圓盤時間刻度之設定，或是電子電路之電阻、電容的充、放電時間常數）。此類電驛稱為延時電驛。

③高速(快速)：電驛動作時間低於50毫秒者，稱為高速電驛或快速電驛。

④超高速：此一名詞並不是電驛範疇之標準用語，但一般認為其動作時間應小於4毫秒。

由以上之定義可以很清楚的得知，所謂瞬時電驛，它的動作時間，其實並沒有很明確的範圍，可能為數毫秒，也可能為數十毫秒，甚至到一百毫秒；而快速(高速)電驛其動作時間則確定小於50毫秒。故對於此問題並無法做一肯定之答覆，即瞬時電驛並不一定快於快速(高速)電驛。在一般實用上，如電驛的動作時間小於

50毫秒時，【瞬時】與【高速】可相互替代使用。

### ☛ 3、保護電驛為何需要試驗？

☞ 3、電力設備上裝設保護電驛，在正常狀況下並不需要它動作；但遇有事故時，則希望它能正確、快速動作。根據實際運用之經驗，保護電驛終其【一生】，總的動作時間，加起來不過數分鐘甚至數秒鐘而已。保護電驛平時是備而不用的，在發生事故的緊要關頭，保證保護電驛可以發揮其應有功能的唯一方法為：確實做好電驛各項試驗工作。

保護電驛試驗可分為：

- ①製造廠為開發電驛之研究性試驗，
- ②驗收時之鑑定性試驗，
- ③現場之安裝與維護試驗，
- ④電驛誤動作後的事務調查試驗等。

其作用分別在於：

- ①驗證保護電驛元件及相關迴路是否均處於良好狀態，並加以必要之調整。
- ②檢驗保護電驛性能是否符合規範要求。
- ③校驗保護電驛之動作性能是否合於電力系統之保護要求。

- ④發現保護電驛所有潛在的問題，以儘早設法改善。

試驗內容隨試驗目的之不同而有很大的差異，故不能以研究性之試驗結果來做為驗收記錄；當然，亦不能以廠家之出廠證明，來做為現場之安裝試驗報告，這是極為淺顯的道理。保護電驛出廠之後，經過運送及安裝過程，在這之間電驛是否受損，或是造成電氣迴路接觸上產生問題，不經試驗即無法發現、改善。這也是為甚麼電氣設備雖有了出廠試驗報告，然而在安裝完成之後，仍必須施行竣工試驗的原因。所以保護電驛加入使用前，雖然有其出廠報告，但仍需於現場按照實際設定值進行安裝試驗，才能確保電驛能正常發揮其應有之保護功能。

### ☛ 4、如何才能做好保護電驛試驗工作？

☞ 4、保護電驛試驗由於試驗目的不同，對於試驗的要求及試驗內容亦不盡相同，但不管是何種試驗，其基本要求是：必須具備真實性、完整性與代表性。所謂真實性係指：試驗時之各種條件，應該儘可能與實際狀態一致。例如以試驗儀

器之電壓、電流執行保護電驛性能試驗時，要注意加於電驛之電氣量，是否與保護電驛所在電力系統之實際電氣量相符，（波形是否有失真、頻率是否一致等等）。完整性是指：進行保護電驛試驗之前，事先要計劃好必要而充分的試驗項目。但是，也不要做一些非必要的測試。過多與不周全的試驗，同樣都不足取。以往經驗顯示，保護電驛不當試驗造成的損壞多於使用中發生的故障。

試驗的代表性：是指所進行的試驗項目，應足以具體而完整的測試出此保護電驛的功能。其關鍵在於如何擬定確實可以驗證保護電驛性能，並可發現其可能潛在問題的試驗項目。

因此，要做好保護電驛試驗工作，應做到以下數點基本要求：1)對於試驗工作內容事先要有充分之瞭解。2)與本次試驗有關之資料--說明書或使用手冊、相關圖說及電驛設定資料等，均應詳細閱讀。3)準備試驗所需之儀器與工具。4)校驗電驛相關設定值，包括標置及比流器、比壓器比值。5)注意工作安全，避免

危險工作環境與工作方法。6)執行各項既定之必要試驗。7)提出真實完整之試驗報告。

#### 📞 5、保護電驛在加入系統前應做那些必要之試驗？

📁 5、保護電驛加入系統前之試驗為一種現場試驗，其目的在於校驗保護電驛之設定、功能，並做必要之調整，更重要的是必須確認保護電驛所有的相關接線均正確無誤，包括：直流控制（跳脫）、電驛動作訊號源--電流、電壓等之迴路接線。因保護電驛並非僅指電驛單體本身，保護電驛意指從其動作訊號源（比流器、比壓器）經導線引接而至電驛，動作訊號則經控制迴路而到斷路器之跳脫線圈的整個系統，這其中任一個環節出了問題，保護電驛即無法發揮其應有保護功能，甚或成為造成停電之禍首。

因此，保護電驛加入使用前應包括：①送電前之電驛單體標置設定與特性試驗，②電驛功能測試，即跳脫與指示、警報試驗，③更重要的是加入系統後應立即進行接線（負載）校驗，以實際之電氣量來檢驗比流器、比壓

器的比值、極性，及相關接線(電驛端子接線)等是否正確，如此才能確保電驛能正確、可靠的動作。

## 6、一般電磁型過電流電驛之動作原理為何？

6、過電流電驛之動作原理如下：當電流輸入到主線圈，在中央鐵心感應出磁通 $\Phi$ ，經過氣隙與轉盤而到KEEPER（衛鐵），然後分成兩部分磁通 $\phi_L$ 及 $\phi_R$ 而回到中央之鐵心（如圖一所示）。此三路磁通在轉盤上分別感應出渦電流，其方向依楞次定律為：此電流其所感應之磁通方向，在於阻止原磁通的變化， $i\phi_L$ 及 $i\phi_R$ 分別與 $\phi_R$ 及 $\phi_L$ 相互作用，而在轉盤上產生 $F_L$ 及 $F_R$ 之作用力。假如轉盤上有固定軸時，則會產生轉矩，其磁通、渦電流以及其相互之間所產生的力矩方向如圖二所示。

$$\phi_R = \phi_M \sin \omega t$$

$$\phi_L = \phi_M \sin(\omega t + \theta)$$

$\theta$  為 $\phi_L$ 與 $\phi_R$ 間之相角差(蔽極線圈產生之效應) 假設因感應所產生之渦電流所通過之路徑僅有電阻，則 $i\phi_L$

及 $i\phi_R$ 與 $\phi_L$ 及 $\phi_R$ 之相對關係為：

$$i\phi_R = K_1 \frac{d\phi_R}{dt} = K_1 \phi_M \cos \omega t$$

$$i\phi_L = K_1 \frac{d\phi_L}{dt} = K_1 \phi_M \cos(\omega t + \theta)$$

$$F_R = K_2 \phi_R i\phi_L$$

$$= K_2 \phi_M \sin \omega t K_1 \phi_M \cos(\omega t + \theta)$$

$$= K_2 \phi_M \sin \omega t K_1 \phi_M \cos(\omega t + \theta)$$

$$= K_1 K_2 \phi_M^2 \cos(\omega t + \theta) \sin \omega t$$

$$F_L = K_2 \phi_L i\phi_R$$

$$= K_2 \phi_M \sin(\omega t + \theta) K_1 \phi_M \cos \omega t$$

$$= K_1 K_2 \phi_M^2 \sin(\omega t + \theta) \cos \omega t$$

由圖二知 $F_L$ 與 $F_R$ 兩者方向相反，故其淨力為：

$$F = F_R - F_L$$

$$= K_1 K_2 \phi_M^2 \sin \omega t \cos(\omega t + \theta) -$$

$$K_1 K_2 \phi_M^2 \sin(\omega t + \theta) \cos \omega t$$

$$= K_1 K_2 \phi_M^2 \sin(\omega t + \theta - \omega t)$$

$$= K \phi_L \phi_R \sin \theta$$

當 $\theta = 0$ 時 $F = 0$ ，作用於轉盤上之淨力為零，轉盤靜止不動；因此要使電驛動作，必須設法使 $\phi_L$ 及 $\phi_R$ 之相位差不為零，亦即設法遲滯其中一磁力線，只要維持其相角差不大於90度，則作用於轉盤上之力矩均為正值，故不會產生震動。此一遲滯之磁力線之線圈，稱為蔽極線圈。從三角函數關係可知：兩磁力線之相位差為90度時，其所產生之力矩最大。而轉盤轉動之方向，可以從 $\phi_L$ 及 $\phi_R$ 之磁力線何者

滯後來決定，即其轉動方向為從進相磁力線  $\phi_R$  穿入轉盤處轉向磁力線  $\phi_L$  穿入轉盤處。因磁力線係依輸入電驛之電流的正弦函數變化，而其相角為一定，故在電流維持不變之情況下，任何時間轉盤上所受之淨力均相同。由於磁通量是正比例於主線圈上電流之大小，因此在其他各種條件皆維持不變之情形下，轉盤所受之淨力正比於電流之大小，也就是說電流大小決定轉盤之轉速，此乃過電流電驛之特質所在。即電驛之動作時間與電流大小之平方成反比。因此，此類電驛通稱為反時性電驛。

感應轉盤式電驛之時間特性，由以上之分析得知：完全是受轉盤兩邊磁力線之相位差  $\theta$  所影響，故如無蔽極線圈或是蔽極線圈開路，則感應轉盤在任何情況下皆不會轉動。此一特質被運用於方向性控制過電流電驛，即將方向性元件之接點串接於蔽極線圈迴路，方向性元件未動作，則蔽極線圈成開路，電流感應轉盤不會轉動。

## 7、過電流電驛安裝後正式使用前應做那些項目之試驗？

7、過電流電驛之安裝試驗至少應包含：

1. 時間過電流元件--a. 設定標置。b. 測試電驛之始動電流值。c. 測試電驛動作時間並核對動作曲線。
2. 動作指示器與自持回路--測試指示器機構動作是否靈活，自持功能是否正常。
3. 瞬時過電流元件--其額定電流為最低始動值之1.5~2倍，而其動作電流通常較為大，故試驗時間不可持續太長，以免線圈受損。
4. 電驛功能測試--保護電驛是希望在被保護之設備發生故障時，能正確有效隔離事故點。因此，電驛本身動作之後，是否能真正有效的達成跳脫斷路器，就必須實際模擬電驛動作，檢驗斷路器能否真正跳脫。如此，才不枉費對電驛本體做了各項試驗，也才能保證電驛可發揮其功用。
5. 負載校驗--測量進入電驛端子之電流值，查驗三相電流經比流器比值換算後是否與實際負載相當。如有接地過電流電驛，亦需測量平常

狀態之不平衡電流；如果三相負載相當平衡，則正常情況下無法測得電流。但是一般在迴路上測量得到電流為零或極微小之情形，可能是真正沒有不平衡電流；也可能是此電流迴路另有不該存在之其他旁路；甚至該電流迴路為斷路。因此，極有必要模擬出不平衡電流來測試迴路是否正常。如此，才能確保電驛在設備發生故障時能正確的動作。

模擬零序不平衡電流可運用以下三相平衡系統之電流對稱關係： $I_R + I_S + I_T = 3I_0 = 0$ 。要得到 $I_0$ 不為零，可從上式著手，如在圖三之電驛迴路上強迫不讓 $I_R$ 流進電驛，則

$$3I_0 = I_S + I_T = -I_R$$

這樣就可以在接地過電流電驛之端子，測量到不平衡電流，以確認此一比流器之零序迴路正確無誤。要特別注意的是，在模擬不平衡電流時，一定要記住一個原則--電流迴路絕對不可以開路。因此，如圖三應先進行①之短路接線，使得在進行②之 $I_R$ 拆除工作時，不會造成電流開路而傷及試驗人員。

#### 8、方向性過電流電驛正式使用

前，應做那些項目之試驗？

8、方向性過電流電驛之安裝試驗至少應包含：

1. 時間過電流元件--a. 設定標置。b. 測試電驛之始動電流值。c. 測試電驛動作時間並核對動作曲線。
2. 方向性元件試驗--a. 最大力矩角測試，b. 方向性元件閉合區域，c. 方向性元件之靈敏度等。
3. 動作指示器與自持回路--測試指示器機構動作是否靈活，自持功能是否正常。
4. 電驛功能測試--實際模擬保護電驛動作跳脫斷路器，檢驗跳脫迴路及跳脫電源、斷路器跳脫線圈是否正常。
5. 負載校驗--測量進入電驛端子之電流與電壓值，查驗三相電流經比流器比值換算後，是否與實際負載相當，比壓器之二次側電壓是否正常，以及電流與電壓之相位關係。一般輸電線路之相間保護方向性過電流電驛方式為 $90-60^\circ$ ，此類電驛之接線方式為，動作電流超前參考電壓 $90^\circ$ ，而當故障電流相位落後其功因為1之電流相位 $60^\circ$ 時為其最大力矩角。其接線如圖四所示，即R相電驛接R相電流及S、T相電壓；S相電驛接S相的電流

及 T、R 相的電壓；T 相電驛接 T 相的電流及 R、S 相的電壓。故如依據正確之比流器、比壓器極性接線，則之電流、電壓相位角，應為電流落後電壓  $90^\circ$ ，方向性接點開啓。至於接地方向性過電流電驛，則因在三相平衡負載時，無零序電流與零序電壓。故需要模擬接地故障，才能校驗其接線是否正確。其零序電流之模擬方法同問題七；零序電壓則因其接線方式為 Broken  $\Delta$  方式，三相平衡時

$$V_R + V_S + V_T = 3V_0 = 0,$$

假設模擬 R 相發生直接接地故障，即  $V_R = 0$ ，模擬步驟應

①將圖四 p 點之接線折離  $V_R$ ，②再將此一引接線連接於 W 點，即可得到

$$V_{pq} = V_S + V_T = -V_R = -V_{qp},$$

$$V_{qp} = -V_{pq} = V_R$$

但要記住一個原則--電壓迴路不可兩相或兩相以上短路。

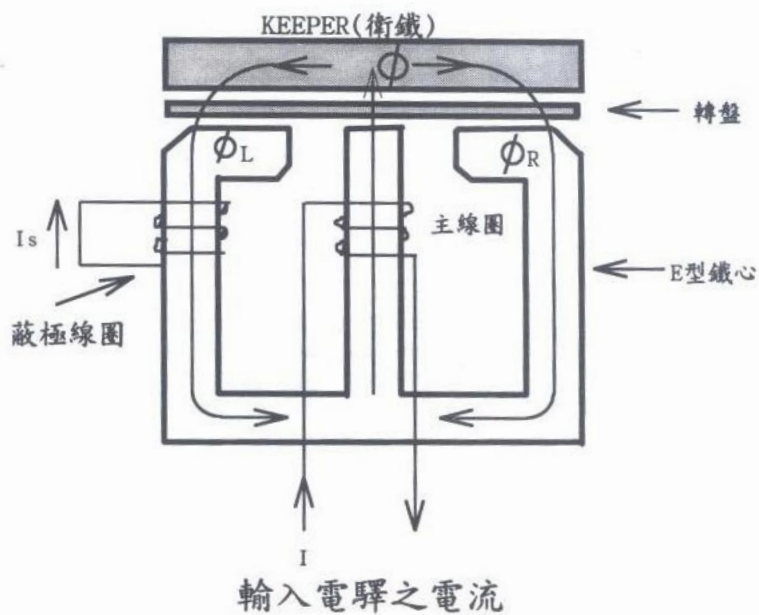
因為  $V_{qp} = V_R$  而  $3I_0 = -I_R$ ，

故於接線校驗時，在送電端之電驛所測得之電流、電壓相位角，應為電流落後電壓  $180^\circ$ ，方向性接點開啓；如

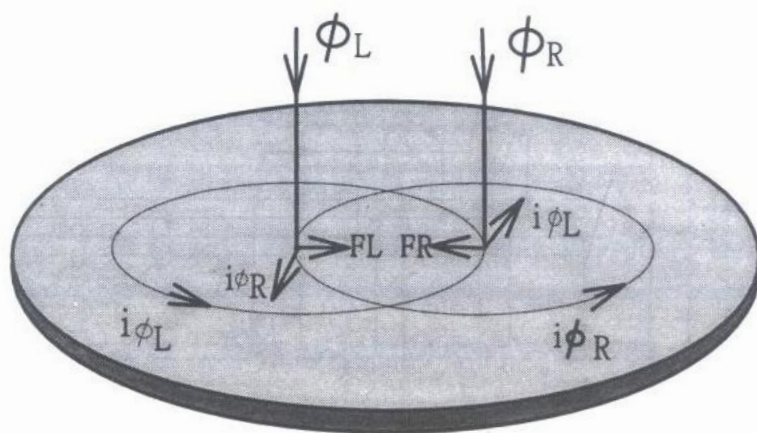
為受電端之電驛，測得之電流、電壓相位角，應為電流落後電壓  $0^\circ$ ，而方向性接點則應閉合。

以上所述及之角度，是以功因為 1 時之電流相位角為基準。實際上，在接線校驗時所測得之角度，應為上述角度再加上功因角。如所測得之結果有疑問，應詳細查明改正，才不會造成電驛誤動作，而導致不必要之停電，造成無謂的損失。常見之錯誤為將  $V_{qp}$  接成  $V_{pq}$ ，以及電壓與電流之相序錯誤。以  $90-60^\circ$  電驛之接線方式為例，各相電驛接法應為： $I_R V_{ST}$ ， $I_S V_{TR}$ ， $I_T V_{RS}$ ---(1) 假如電壓與電流之相序皆為 R、T、S，則實際電驛之接線為  $I_R V_{TS}$ ， $I_T V_{SR}$ ， $I_S V_{RT}$ ---(2)

比較(1)式與(2)式，將可發現其結果類似於比流器或是比壓器之一極性錯誤，其實不然。改接時應確實查明錯誤所在，對症下藥。否則冒然更改，雖然可使此電驛之接線正確，但勢必影響同一變比器迴路上之其他設備的正常運用。

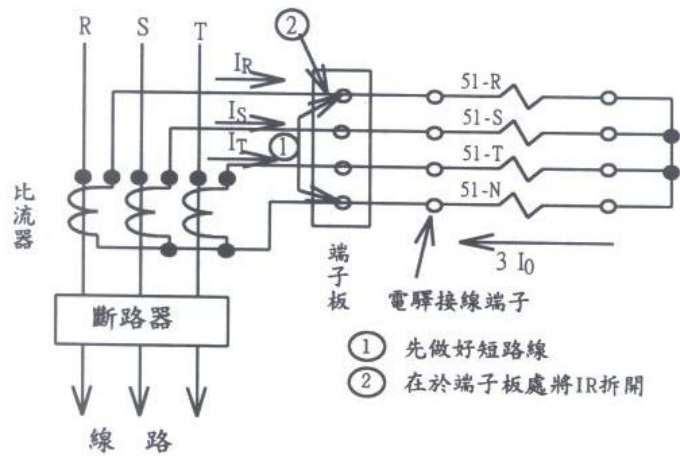


圖一. 過電流電驛E型鐵心及轉盤構造圖

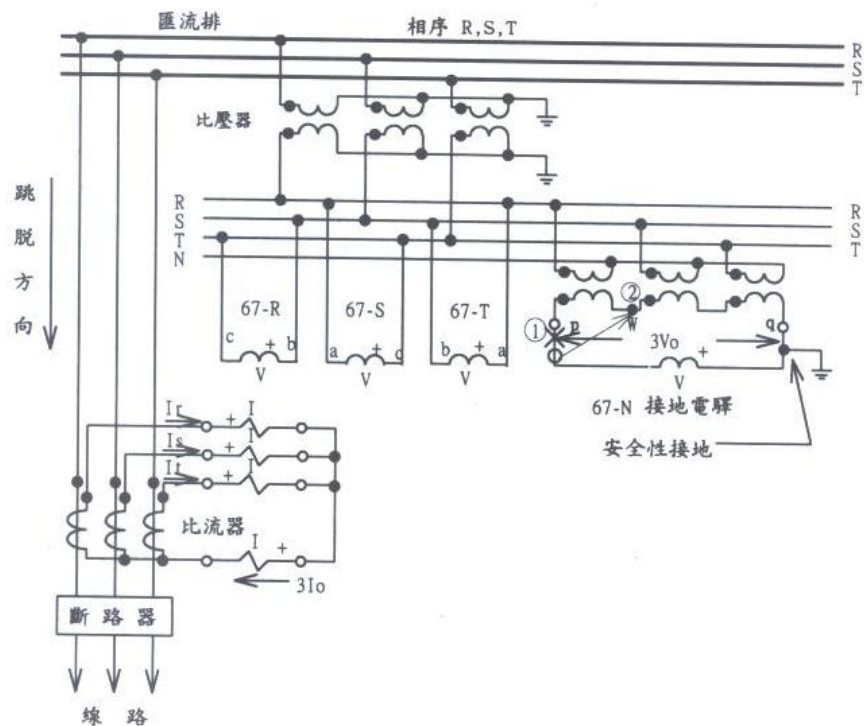


圖二. 感應式轉盤動作力矩圖





圖三. 過電流電驛電流迴路圖



圖四. 相間方向性元件及接地方向性電驛接線方式圖

(待續) ...