

在高接地電阻下 數位式測距電驛 的理想動作範圍



黃金泉

台電嘉南供電區處

一、前言

測距電驛在遠端匯入電流的情況下，對於距離的量測存在著一大堆的問題，特別是發生在高電阻的接地故障，因為量測出來的阻抗數值可能較實際值大或是小。本文將描述影響測距電驛理想動作範圍的主要因素，以及在線路上的有效和無效電力潮流的關係。這將可以幫助我們來解決一些在研發智慧型數位式測距電驛所遭遇的問題，諸如研發一種不需要通信頻道連接，具有智慧及適應性佳的測距電驛所衍生的問題。

數位式測距電驛利用微處理技術克服了一些傳統電驛保護上的問題，然而即使是數位式測距電驛，在實用上對於保護電

驛的方式設計，也必須以特定的電驛設定為基礎，只有在電力系統有了明顯的改變時，電驛的設定才需跟著改變。有關測距電驛的好處已經廣泛被討論過了，而且對於較實用的第一區間的保護邊界調整也有了報告提出，利用演繹法來調整保護邊界角度，可獲致性能的改善。

假如系統的條件因為較大範圍的改變，且發生的故障是高電阻故障，這時電驛會因此喪失了它的選擇性。為了提供可涵蓋高電阻故障的測距電驛，理想測距電驛的保護範圍非得借助遠端系統的資訊不可。換句話說，吾人乃利用此遠端系統所提供的資訊，來計算測距電驛的保護範圍，為了即時提供所需要的資訊，必須在計算上做額外的考量；因此，在實際的情況中

這種方法有某種程度的限制。

本文提供了一種能夠在不同運轉條件下，縮小理想動作區域的方法。而這種方法不需要即時的運算，所以能夠克服上述的限制。文中亦將提到影響理想測距電驛動作區間的主要因素，同時討論電力系統結構改變所造成的效應。

二、測距電驛區間的系統模式

被保護線路以外的系統狀態，每每影響到電驛的功能，為了證明這個效應，以圖 1 來做說明，345 kV 三電源系統在本端及遠端之間，輸電線路總長度為 125 km。線路總正相序阻抗(Z_{1l})是 $37.5 \angle 86^\circ \Omega$ ，總零相序線路阻抗 (Z_{0l})是 $136.6 \angle 69^\circ \Omega$ 。本端到保護區間外以及遠端到保護區間外兩者的長度均為 200 km，但可能隨著電力系統變動而改變。所有 345 kV 線路均使用相同的線路常數，一單線接地故障發生在 F 點，其故障阻抗為 R_f ，而考慮於本端裝設一種使用既靈活又多用途『視窗長度演繹法』(window length algorithm)的數位式測距電驛。在圖 1 中， E_L 是本端的等效電壓， E_R 是遠端的等效電壓， E_E 是外端等效電壓。

$$E_R/E_L = h_{RL} \exp(-jS_{RL})$$

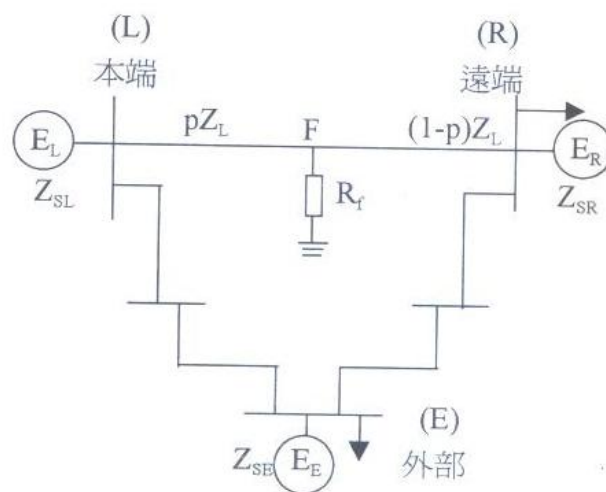
Z_L ：線路阻抗，跟特定相序分量無關

$$E_E/E_L = h_{EL} \exp(-jS_{EL})$$

Z_{SL} 、 Z_{SR} 、 Z_{SE} ：電源阻抗

P：電驛到故障點距離之比例

R_f ：故障電阻



圖一、單相接地故障模型

三、故障電阻的效應

一般的測距電驛僅使用本端 AC 量的變化來做為阻抗量測的依據，由本端測距電驛量測的阻抗，可以表示如下：

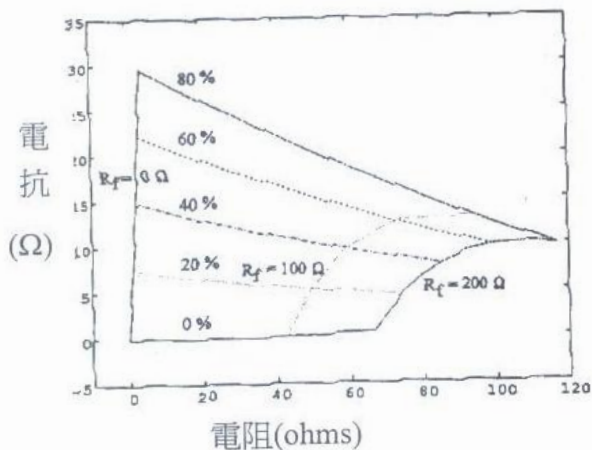
$$Z_a = p Z_{1L} + \Delta Z \quad (1)$$

$$\text{而 } \Delta Z = f_L(Z_{SL}, Z_{SR}, Z_{SE}, Z_L, h_{RL}, h_{EL}, S_{RL}, S_{EL}, P, R_f) \quad (2)$$

f_L 是以故障前及故障後的參數來代表 ΔZ 的非線性函數。

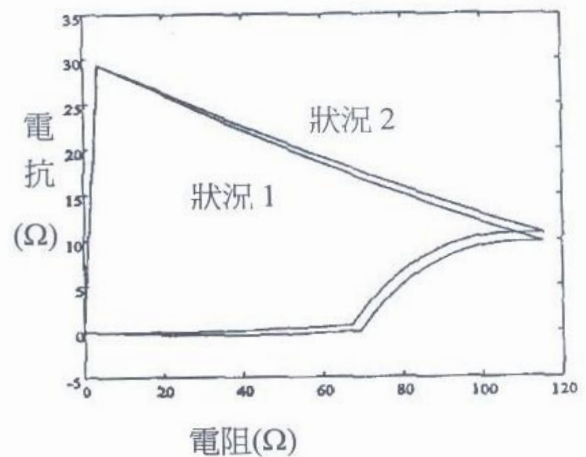
ΔZ 利用方程式(2)列出來故障前後的互依條件，而在方程式(2)裡，亦引述出具有前瞻性而且獨立的測距電驛主要困難點，特別是在高電阻的故障裡頭，量測出來的阻抗可能比實際值大或小，完全取決於在不同的電力系統條件下，所產生的相量 ΔZ 之值。

在圖二裡，不同的 R_E 值及典型系統架構裡發生的故障點均產生類似的結果。再者由圖三可知，當最大的故障電阻適應值在 200Ω 以內時，任一電驛可以保護總線路長之 80%。如此一來，就會在故障跟干擾之前，構成一理想的跳脫範圍。

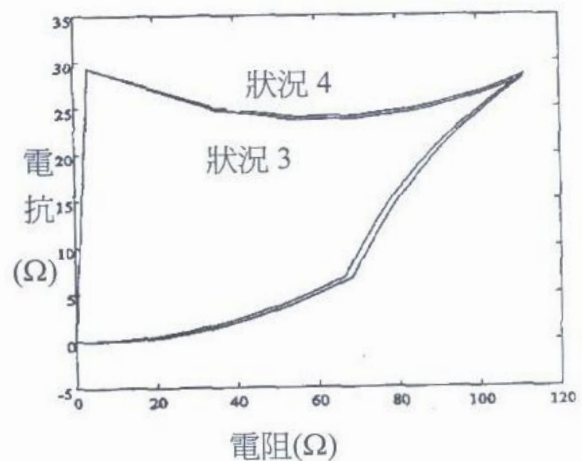


短路電源 $SCL=35GVA$, $Z_{OSL}/Z_{ISL}=1$,
 $Z_{OSR}/Z_{ISR}=1$, $Z_{OSE}/Z_{ISE}=1$, $h_{RL}=1$,
 $\delta_{RL}=-15^\circ$, $h_{EL}=1$, $\delta_{EL}=-26^\circ$,
 $Z_{IL}=37.5\angle 86^\circ\Omega$, $Z_{OL}=136.6\angle 69^\circ\Omega$,
 $P_{L-R}=1026MW$, $Q_{L-R}=3.2MVAR$ 。

圖二、在不同故障點的故障電阻造成量測阻抗變化圖



圖三、狀況 1 及狀況 2 的理想動作範圍



圖四、狀況 3 及 4 的理想動作範圍

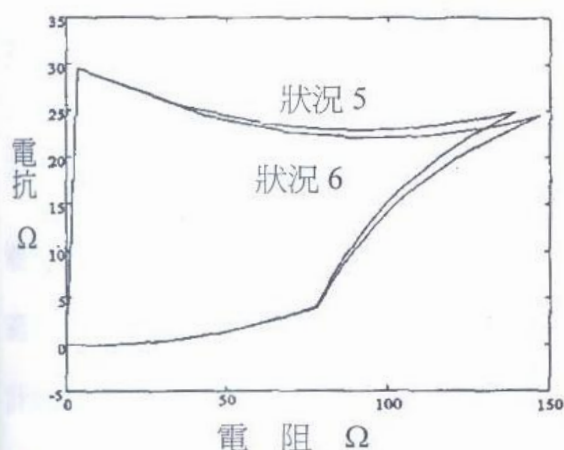
四、測距電驛理想的動作範圍

1. 線路上有效及無效電力潮流的影響

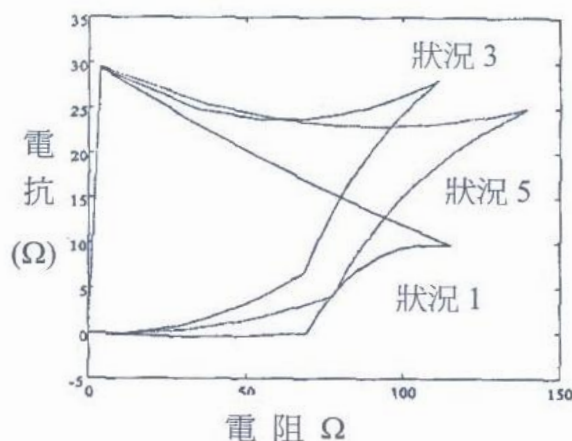
研究在不同條件下對理想測距電驛動作範圍所產生的影響，得到六種不同狀況的理想測距電驛動作範圍。在這些狀況裡，當然線路的長度跟圖一所表示的是一樣的，但是在本地端(Local)跟遠端(Remote)之間

的電力潮流 P 、 Q 及短路位準 (SCL: short circuit level) 等, 都可能因不同的電源而不一樣, 各種狀況的系統結構如表一所示, 理想的測距電驛動作範圍如圖三至圖五所示。

在表一所示的六個狀況可劃分為 3 個群組, 即 1 跟 2、3 跟 4 和 5 跟 6, 而每一組的無效和有效電力潮流, 在保護線路中幾乎都一樣。在圖三到圖五裡, 我們可以看到在本端跟遠端之間, 有效和無效電力潮流沒有多大的改變, 而測距電驛理想的動作範圍也幾乎被確定下來。我們同時也注意到有效和無效電力潮流的改變, 會導致測距電驛理想的動作範圍有了較顯著的變化。圖六表示狀況 1、3、5 在理想的動作範圍之變化情形。



圖五、狀況 5 及 6 的理想動作範圍



圖六、狀況 1、3 及 5 的理想動作範圍

表一、狀況 1 至 6 的系統架構

狀況	P_{L-R} (MW)	Q_{L-R} (MVAR)	SCL(L) (GVA)	SCL(R) (GVA)	SCL(E) (GVA)
1	1000	0.64	15	15	35
2	999.8	0.63	35	20	35
3	1000	215.8	15	15	35
4	1001	215.7	35	20	35
5	750.3	100.1	15	15	35
6	750.4	100.1	15	35	35

2. 外部系統連接方式的影響

為了探討外部網路對測距電驛理想動作範圍的影響, 我們不得不去研究狀況 7、8、9、10 等四個不同系統架構下, 從 L 到 E 和 R 到 E 有不一樣的距離, 測距電驛所呈現的理想動作範圍, 而其所使用的參考數據和受保護線路的長度並沒有改變。在這些狀況中, 有效及無效電力潮流幾乎和狀況 3 時一模一樣, 而這些狀況的架構, 均顯示在表二及表三裡, 其理想的動作範圍跟狀況 3 的比較也表示在圖七到圖十。

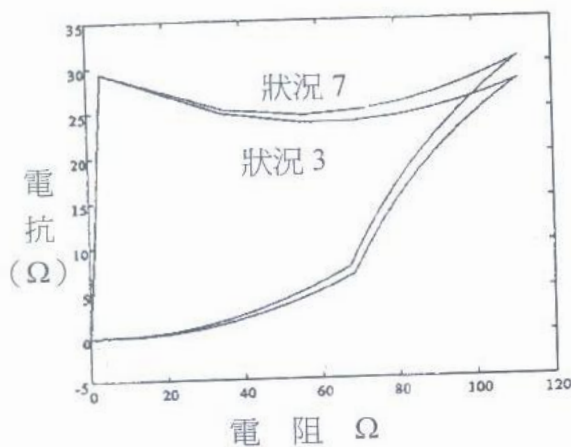
在圖七和圖十裡，吾人得到一些重要的觀察，那就是不同的系統架構並沒有對理想的動作範圍有太大的影響，而且它進一步證明一點，那就是測距電驛理想的動作範圍，主要是受到保護線路上的有效及無效電力潮流所制衡的，而外部系統的架構，僅僅些微影響到電驛的涵蓋範圍而已。

表二、狀況 7 至 10 的系統架構

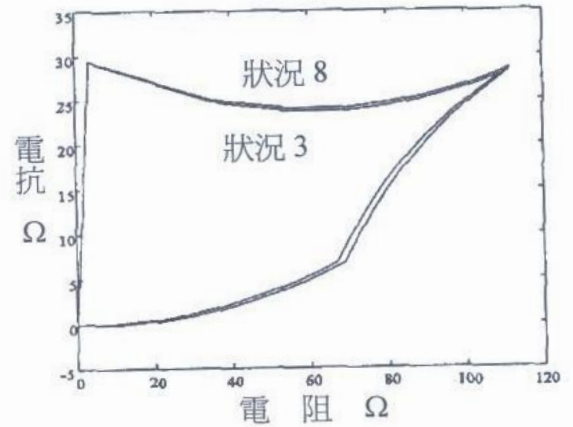
狀況	P_{L-R} (MW)	Q_{L-R} (MVAR)	SCL(L) (GVA)	SCL(R) (GVA)	SCL(E) (GVA)
7	1000	215.8	15	15	35
8	1000	215.5	20	20	35
9	999.9	215.5	20	20	35
10	1001	215.7	20	15	35

表三、狀況 3,7,8,9 及 10 的輸電線路長度

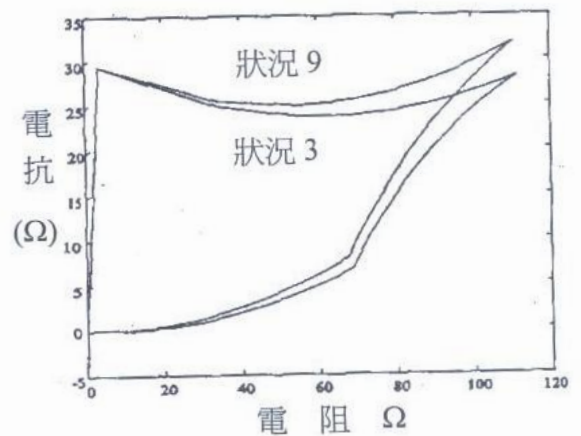
狀況	線路長度 L-R (km)	線路長度 L-E (km)	線路長度 R-E (km)
3	125	200	200
7	125	100	200
8	125	200	100
9	125	100	100
10	125	50	50



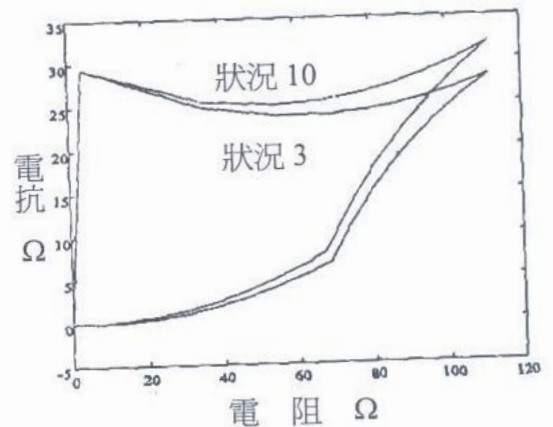
圖七、狀況 7 與 3 的理想動作範圍比較



圖八、狀況 8 與 3 的理想動作範圍比較



圖九、狀況 9 與 3 的理想動作範圍比較



圖十、狀況 10 與 3 的理想動作範圍比較

3. 理想的動作範圍的準確性

從圖三到圖五，可以觀察到如果有效及無效電力潮流在保護線路中保持幾乎固定，且系統架構沒有太大改變的話，則測距電驛理想的動作範圍，是不可能因電力系統的發電量和負載改變而受到顯著的影響。甚至是發生在高電阻接地故障時，保護範圍的準確度仍然在此線路長度的百分之五以內。當故障電阻較低時，對準確度的影響甚至可以忽略不計。另一方面，改變系統結構（圖七到圖十）會引起電驛的理想動作範圍產生稍大的改變。無論如何，縱使在這些狀況裡，在高電阻接地故障時，測距電驛保護範圍的準確度依然是在總線路長度的百分之十以內，同樣的，低電阻接地故障時的準確度比較好。

五、改良型測距電驛的應用

基於上述的觀念，在有效和無效電力潮流的正常範圍裡，測距電驛理想的動作範圍，可以在平常系統架構下以離線方式計算出來，不需要即時資料轉換。唯一的缺點就是它的誤差會稍微增加，誤差範圍在高電阻接地故障的容許範圍以內。假如對較高的誤差可以容忍的話，同樣的動作

範圍，也可以被應用於系統架構有重大改變時。為了產生較好的準確度，在每一種不同系統的主要架構下，可以預先計算出測距電驛理想動作範圍設定值。特別記著：假如這些都不管用時，測距電驛的特性也大致不會改變，而他的主要功能也會被保留下來。

六、結論

從上述得知，影響數位式測距電驛理想動作範圍，主要是線路的有效和無效電力潮流，而理想的動作範圍誤差是來自系統架構的改變，但這還都是可容忍的範圍裡。

此電驛始終還能夠保留它的主要功能，甚至在系統架構有重大的改變時，我們深信：此一發現對於將來開發一個簡單而且實用的智慧型數位式電驛，是不用昂貴的通信連結。

