

二次輸電系統保護電驛原理及標置簡介

供電處主管標二 鍾彰榮

一、前言

因 69KV 以下二次系統及配電系統輸電線之電力輸送容量及故障電流一般比超高壓(345KV)及一次系統(161KV)輸電線之電力輸送容量及故障電流為低，故障清除時間也沒有像超高壓(345KV)及一次系統(161KV)輸電線那樣嚴刻(一般必須在約 1~2 週波清除故障)，而 69KV 以下二次系統及配電系統輸電線較少聯結大容量之發電機，在輸電線匯流排間故障電流差距變化不大，且過流保護電驛在價錢上比輸電線用之測距保護電驛及差電流保護電驛要便宜得多，故目前過流保護電驛仍為

69KV 以下二次系統及配電系統輸電線保護之主力。

二、傳統電磁型過流保護電驛

傳統電磁型過流保護電驛係藉著外加電流於電磁鐵的感應線圈，於感應轉盤上產生不同相位差的旋渦電流，在感應轉盤上形成感應旋轉力矩使移動接點閉合，經由調整移動接點與固定接點間閉合路徑長短達到上下游的保護協調的目的。

(一)基本構造

傳統式電磁型過流電驛基本構造如圖 1 所示

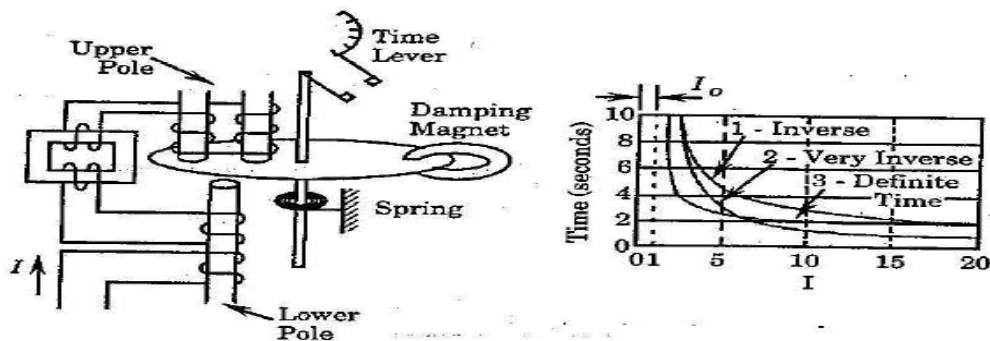


圖 1 傳統式電磁型過流電驛基本構造

依圖 2 傳統式電磁型過流電驛基本構造簡介如下：

- 上電磁極及下電磁極：經上電磁極及下電磁極之電磁場，分別於靈巧的感應轉盤上產生不同相位差的旋渦電流，造成合成旋轉力

矩使移動接點閉合。

- 時間標置(time lever)：調整移動接點閉合路徑的長短，以達到上下游時間標置協調的目的地。
- 彈簧裝置：一旦故障排除時，使調整移動接點回復開啟位置。

- d. 阻尼磁鐵：避免靈巧的感應轉盤震動。

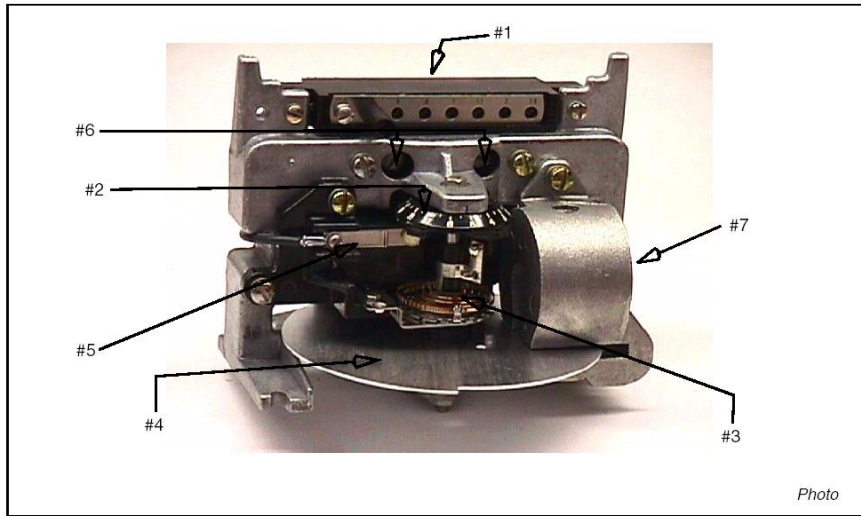


Figure 3: Time Overcurrent Unit (Front View)

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1-Tap Block | 2-Time Dial | 3-Control Spring Assembly |
| 4-Disc | 5-Stationary Contact Assembly | 6-Magnetic Plugs |
| 7-Permanent Magnet. | | |

圖 2 過流電驛之過流元件實體圖

(二)動作原理

讓電磁型過流電驛移動接點閉合有三種力矩：

a. 電磁感應力矩：係由上電磁極及下電磁極產生的電磁感應力矩。

T_1 ：電磁感應力矩

I ：上電磁極及下電磁極之電流線圈流過之電流。

T_1 與 I^2 有正比關係可以如下式子表示：

$$T_1 = Kq \times I^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Kq ：力矩與電流關係係數。

b. 彈簧力矩：

T_s ：彈簧力矩

I_p ：始動電流 (pickup current)

T_s 與 I_p^2 有正比關係可以如下式子表示：

$$T_s = Kq \times I_p^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Kq ：力矩與電流關係係數。

c. 阻尼力矩：

T_d ：阻尼力矩

ω ：感應轉盤角加速度

T_d 與 ω 有正比關係可以如下式子表示：

$$T_d = Kd \times \omega \dots\dots\dots(2.3)$$

Kd ：力矩與 ω 角加速度關係係數。

(i) 正常情況下：

$$\sum T = T_1 - T_s - T_d = 0 \dots\dots(2.4)$$

(ii) 將(1)、(2)、(3)式代入(4)式得：

$$Kq \times I^2 - T_s = Kd \times \omega \dots\dots(2.5)$$

(iii) 於感應轉盤始動點(threshold

point)時之關係式：

$$Kq \times I_p^2 = T_s \dots\dots\dots(2.6)$$

(iii) 將(6) 式代入(5) 式得：

$$T_s(M^2-1)=kd \omega = kd \frac{d\theta}{dt} \quad (2.7)$$

$M = I / I_p =$ 始動電流倍數。

$\theta =$ 感應轉盤總旋轉角度。

(iv) t_p ：始動時間， θ_p ：移動接點由開啟至閉合的角度。

$$t_p = \left(\frac{kd\theta_p}{T_s} \right) \frac{1}{M^2-1} = \frac{T_1}{M^2-1} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$T_1 = Kd \times \theta_p / T_s$$

依傳統式電磁型過流電驛基本構造經由公式一連串推導整理出第(8)式，其中：

T_1 與 θ_p 成正比，而 θ_p 即為過流電驛時間標置。

t_p 與 θ_p 成正比，而與 M^2-1 反比。

故可由 θ_p (時間標置)與 M (始動電流倍數)等兩個變數調整過流電驛始動(pickup)時間，作上下游保護協調。

(三) 動作曲線

由於傳統式電磁型過流電驛係應用電磁鐵產生電磁感應造成感應轉盤轉動使移動接點閉合，而電磁鐵的鐵心在電流大到一定程度時會有磁飽和現象，使電磁鐵的磁通量維持一定的極限值，造成感應轉盤轉動使移動接點閉合時間達到一定極現值。故(2.8)式加上 T_2 (磁飽和之極限常數時間)。另為配合商業化的應用及不同電壓等級電力系統寬廣應用，製造廠家將(2.8)式之 M ：始動電流倍數之指數

‘2’ 改為 ‘p’ 變數。

現整理(2.8)式改寫為：

$$t_p = \frac{T_1}{M^p-1} + T_2 \dots\dots\dots(2.9)$$

有關電磁式反時型過流電驛之典型參數值詳如下表：

表 1 反時型過流電驛之典型參數值表

| Relay Type | M | p | t_p | T_1 | T_2 | T_1/T_2 |
|-------------------|---|------|-------|-------|-------|-----------|
| Modified inverse | 5 | 0.02 | 3.00 | 0.092 | 0.149 | 0.46 |
| Very inverse | 5 | 2.00 | 1.28 | 18.92 | 0.492 | 38.50 |
| Extremely inverse | 5 | 2.00 | 1.30 | 28.08 | 0.130 | 216.00 |

三、數位型過流保護電驛

由於微電腦科技大幅進步，軟硬體技術日益成熟，電驛廠家將微電腦技術運用在數位型過流保護電驛的控制迴路上，以軟硬體技術模擬傳統式電磁型過流電驛動作特性曲線，進而縮小保護電驛尺寸及提升過流保護電驛動作時間的精確度，也增加不少附加的保護電驛功能。

(一) 基本構造

一般數位型方向性過流電驛方塊圖簡介數位型方向性過流電驛的動作原理及基本架構：

a. 方向性元件：

(a) 相間方向性過流電驛

數位型方向性過流電驛之方向性過流元件，係以 U32、U13、U21 等相間電壓之相位為參考座標，可選擇領先參考座標 30 度、45 度、60 度為動作特性角 θ ，再以動作特性角的座標位置為基準線分別展開正負 90 度作正方向的動作範圍，另正負 90 度到 180 度為反方向的動作範圍，可依系統需求選擇最適當的

動作特性角的座標位置。

一旦正方向或反方向故障範圍確定後，再依 U_{32} 、 U_{13} 、 U_{21} 等相間電壓之相位為參考座標與 I_1 、 I_2 、 I_3 故障電流之夾角 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 來判斷正方向或反方向動作範圍。

若發生 $L1$ 及 $L2$ 兩相短路故障時，兩相故障電流大小達到過流元件的始動值(pickup)則過流元件條件成立，同時經由 I_1 、 U_{32} 與 I_2 、 U_{13} 等兩組相量配合選定的動作特性角來判斷正方向或反方向動作範圍，如為正方向動作範圍則方向性元件條件成立，在過流元件條件及方向性元間條件均成立時，經由斷路器跳脫迅速排除故障範圍。

若發生 $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ 三相短路故障時，三相故障電流大小達到過流元件的始動值則過流元件條件成立，同時經由 I_1 、 U_{32} ， I_2 、 U_{13} 與 I_3 、 U_{21} 等三組相量配合選定的動作特性角來判斷正方向或反方向動作範圍，如為正

方向動作範圍則方向性元件條件成立，在過流元件條件及方向性元件條件均成立時，經由斷路器跳脫迅速排除故障範圍。

(b)接地方向性過流電驛

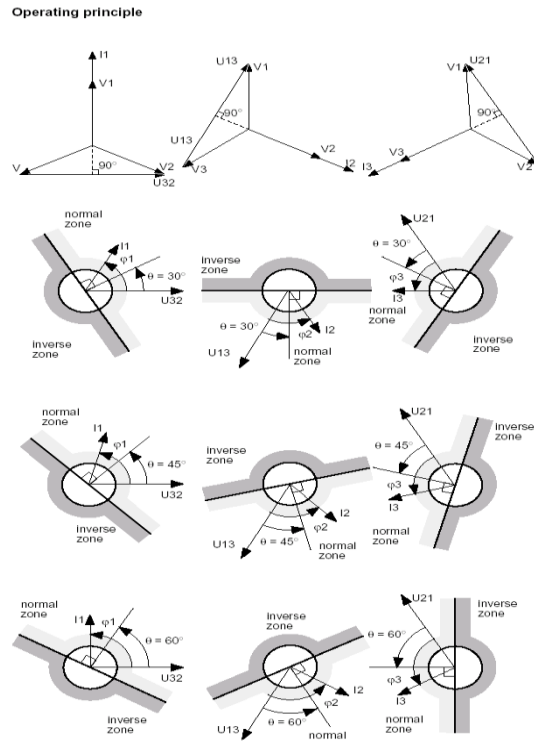


圖 3 數位型相間方向性過流電驛方向性元件相位圖

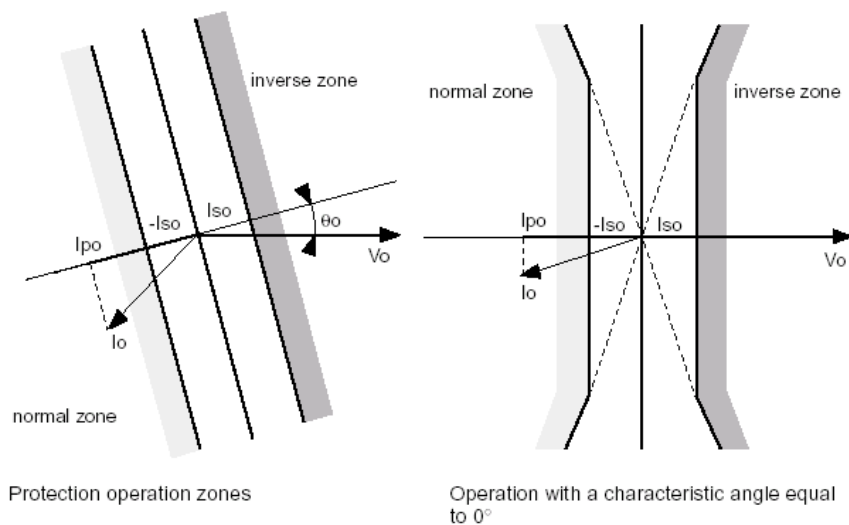


圖 4 數位型接地方向性過流電驛方向性元件相位圖

依圖 4 接地方向性過流電驛係以 V_0 零相電壓之相位為參考座標，再配合領先參考座標 θ_0 角度做為動作特性角，其正方向或反方向動作範圍判斷條件：

i. I_{p0} ：零相故障電流， I_{s0} ：接地方向性過流電驛始動值(pickup)

如 I_{p0} 相量小於等於 $-I_{s0}$ 為正方向動作範圍，反之 I_{p0} 相量大於等於 I_{s0} 為反方向動作範圍

圍

ii. 當動作特性角 $\theta_0 = 0$ 度時，由 I_0 與 V_0 間夾角 φ_0 判斷正方向或反方向動作範圍：

$\varphi_0 \geq 104$ 度 或 $\varphi_0 \leq 256$ 度判斷正方向

(i) $\varphi_0 \geq -76$ 度 或 $\varphi_0 \leq 76$ 度判斷反方向動作範圍。

iii. 有關動作特性角 θ_0 可選擇如下範圍：

表 2 動作特性角 θ_0 範圍表

| characteristic angle θ_0 | |
|---------------------------------|--|
| setting ⁽³⁾ | $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, -45^\circ$ |
| accuracy ⁽¹⁾ | $\pm 5^\circ$ |

(i) 如為非接地系統接地故障電流為電容性系統，則建議動作特性角採 $\theta_0 = 90$ 度。

(ii) 如系統為中性點純電阻性接地系統，則建議動作特性角採 $\theta_0 = 0$ 度。

(iii) 如系統為中性點直接接地系統，則建議動作特性角採 $\theta_0 = -45$ 度。

(二) 動作原理

(a) 數位型相間方向性過流電驛方塊圖：如圖 5 所示

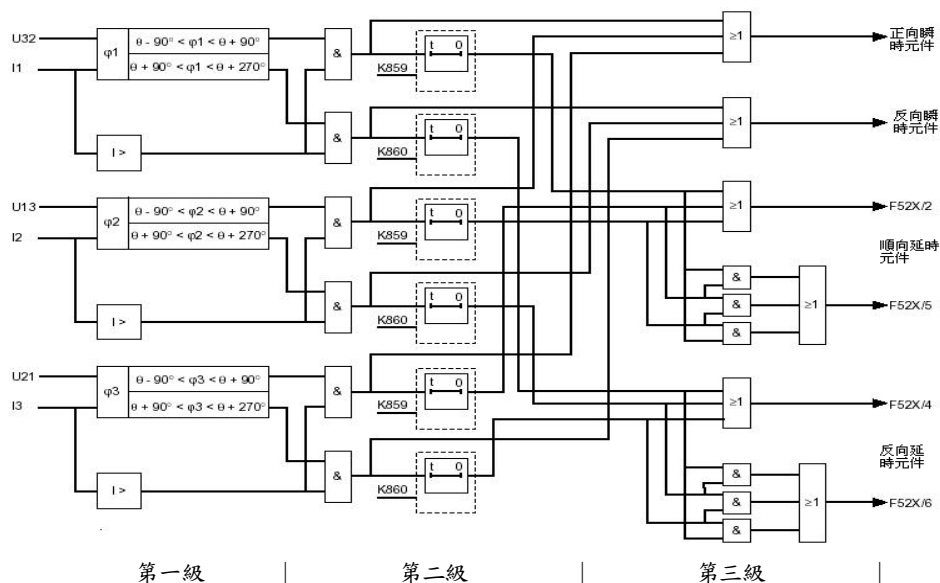


圖 5 數位型相間方向性過流電驛方塊圖

先對數位型方向性過流電驛方塊圖分別以三級方式簡介：

第一級：

- i. 由 I_1 、 U_{32} 、 I_2 、 U_{13} 與 I_3 、 U_{21} 等三組相量來判斷 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 等角度落在正方向動作範圍或反方向動作範圍，如落在：
 - (i) $\theta - 90^\circ < \varphi_1$ (or φ_2 or φ_3) $< \theta + 90^\circ$ 度為正方向動作範圍。
 - (ii) $\theta + 90^\circ < \varphi_1$ (or φ_2 or φ_3) $< \theta + 270^\circ$ 度為反方向動作範圍。
- ii. 短路故障電流 I_1 (or I_2 or I_3) 是否達到 $I >$ 始動值 (pickup)。

第二級：

第二級及閘 (AND gate) 依第一級輸入條件分別輸出至第三級之及閘 (AND gate) 及或閘 (OR gate) 啟動正方向或反方向動作範圍之三相或相間短路故障之瞬時及延時元件。

第三級：

圖內第三級由上往下簡介：

第一個或閘 (OR gate)：三相短路故障之正方向動作範圍瞬時元件。

第二個或閘 (OR gate)：三相短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

第三個或閘 (OR gate)：三相短路故障之正方向動作範圍瞬時元件。

第四個或閘 (OR gate) (先由三個及閘 (AND gate) 輸入)：相間短路故障之正方向動作範圍瞬時元件。

第五個及閘 (AND gate)：三相短路故障之反方向動作範圍瞬時元

件。

第六個或閘 (OR gate) (先由三個及閘 (AND gate) 輸入)：相間短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

(b) 依數位型方向性過流電驛方塊圖簡介動作原理：

I. 當系統發生 L1 及 L2 兩相短路故障時：

i. 第二級第一個及閘 (AND gate) 之輸入條件：

(i) I_1 、 U_{32} 組相量如落在正方向動作範圍 ($\theta - 90^\circ < \varphi_1 < \theta + 90^\circ$)。

(ii) 短路故障電流 I_1 達到 $I >$ 始動值 (pickup)。

則第二級第一個及閘 (AND gate) 輸出至第三級第一個或閘 (OR gate)、第三個或閘 (OR gate) 及第四個或閘 (OR gate) 啟動相間短路故障之正方向動作範圍瞬時元件；反之輸出至第三級第二個或閘 (OR gate)、第五個或閘 (OR gate) 及第六個或閘 (OR gate) 啟動相間短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

ii. 第二級第三個及閘 (AND gate) 之輸入條件：

(i) I_2 、 U_{13} 組相量如落在正方向動作範圍 ($\theta - 90^\circ < \varphi_2 < \theta + 90^\circ$)。

(ii) 短路故障電流 I_2 達到 $I >$ 始動值 (pickup)。

則第二級第三個及閘 (AND gate) 之輸出輸出至第三級第一個或閘 (OR gate)、第三個或閘 (OR gate) 及第四個或閘 (OR gate) 啟動相間短路故障之正方向動作範

圍瞬時元件；反之輸出至第三級第二個或閘(OR gate)、第五個或閘(OR gate)及第六個或閘(OR gate)啟動相間短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

II. 當系統發生 L1、L2 及 L3 三相短路故障時：

i. 第二級第一個及閘(AND gate)之輸入條件：

(i) I1、U32 組相量如落在正方向動作範圍($\theta - 90 < \varphi 1 < \theta + 90$)。

(ii) 短路故障電流 I1 達到 I> 始動值(pickup)。

則第二級第一個及閘(AND gate)輸出至第三級第一個或閘(OR gate)、第三個或閘(OR gate)及第四個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之正方向動作範圍瞬時元件；反之輸出至第三級第二個或閘(OR gate)、第五個或閘(OR gate)及第六個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

ii. 第二級第三個及閘(AND gate)之輸入條件：

(i) I2、U13 組相量如落在正方向動作範圍($\theta - 90 < \varphi 2 < \theta + 90$)。

(ii) 短路故障電流 I2 達到 I> 始動值(pickup)。

則第二級第三個及閘(AND gate)之輸出輸出至第三級第一個或閘(OR gate)、第三個或閘(OR gate)及第四個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之正方向動作範圍瞬時元件；反之輸出至第三級

第二個或閘(OR gate)、第五個或閘(OR gate)及第六個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

iii. 第二級第五個及閘(AND gate)之輸入條件：

(i) I3、U21 組相量如落在正方向動作範圍($\theta - 90 < \varphi 3 < \theta + 90$)。

(ii) 短路故障電流 I2 達到 I> 始動值(pickup)。

則第二級第三個及閘(AND gate)之輸出輸出至第三級第一個或閘(OR gate)、第三個或閘(OR gate)及第四個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之正方向動作範圍瞬時元件；反之輸出至第三級第二個或閘(OR gate)、第五個或閘(OR gate)及第六個或閘(OR gate)啟動三相短路故障之反方向動作範圍瞬時元件。

(c) 數位型接地方向性過流電驛方塊圖：如圖 6 所示

依數位型接地方向性過流電驛方塊圖，零相故障電流 $I_{po} = I_o \cos(\varphi_o - \theta)$ ， I_{so} ：接地方向性過流電驛始動值(pickup)，如 I_{po} 相量小於等於 $-I_{so}$ 為正方向動作範圍，反之 I_{po} 相量大於等於 I_{so} 為反方向動作範圍

ii. 當動作特性角 $\theta_o = 0$ 度時，由 I_o 與 V_o 間夾角 φ_o 判斷正方向或反方向動作範圍：

(i) $\varphi_o \geq 104$ 度或 $\varphi_o \leq 256$ 度判斷正方向判斷正方向。

(ii) $\varphi_o \geq -76$ 度或 $\varphi_o \leq 76$ 度判斷反方向動作範圍。

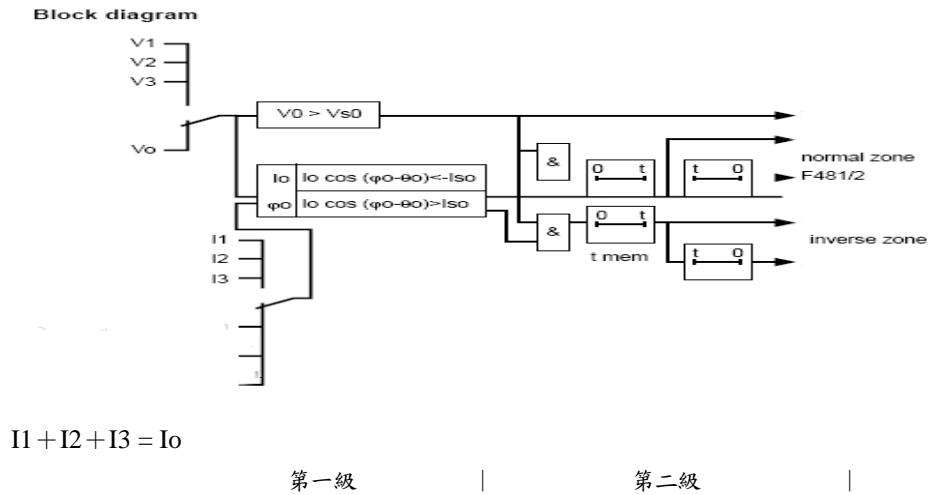


圖 6 數位型接地方向性過流電驛方塊圖

(三) 動作曲線

依技術資料：IDMT 特性曲線

$$t[s] = \frac{K \times \beta}{\left(\frac{I}{I >}\right)^\alpha - I} \dots\dots\dots (2.10)$$

t = 動作時間, 單位：秒

k = 時間的倍數

I = 測量電流值, 單位：安培

I = 始動電流值, 單位：安培

上式為 BS 142.1966 與 IEC 255-4 等標準之數位型過流電驛特性曲線的關係式子，數位型過流電驛特性曲線依據 BS 142.1966 與 IEC 255-4 等標準可區分正常反時型 (NORMAL INVERSE)、非常反時型 (VERY INVERSE)、極反時型 (EXTREMELY INVERSE) 及長時反時型 (LONG TIME INVERSE) 等四種。(2.10) 式依前述四種數位型過流電驛特性曲線而有不同 α 及 β 常數值詳如 3 表：

表 3 過流電驛特性曲線而有不同 α 及 β 常數值表

| 特性曲線組時間與電流的斜率 | α | β |
|---------------|------|-------|
| 正常反時型 | 0.02 | 0.14 |
| 非常反時型 | 1.0 | 13.5 |
| 極常反時型 | 2.0 | 80.0 |
| 長常反時型 | 1.0 | 120.0 |

依 BS 142.1966 與 IEC 255-4 等標準，規定正常始動電流倍數被定義在 2...20 倍間，為如始動電流倍數太小但至少 1.3 倍。

四、 接地過流電驛之單相接地故障電流取量之探討

依圖 7 典型過流保護電驛之比流器結線方式，均先經由 Y-接比流器之 A、B、C 相分別串接各相相間過流保護電驛，於相間過流保護電驛之另一端並接於保護電驛迴路之中性點，再由保護電驛迴路之中性點串接接地過流保護電驛，最後接回 Y 接比流器之中性點形成過流保護電驛之

AC 迴路。

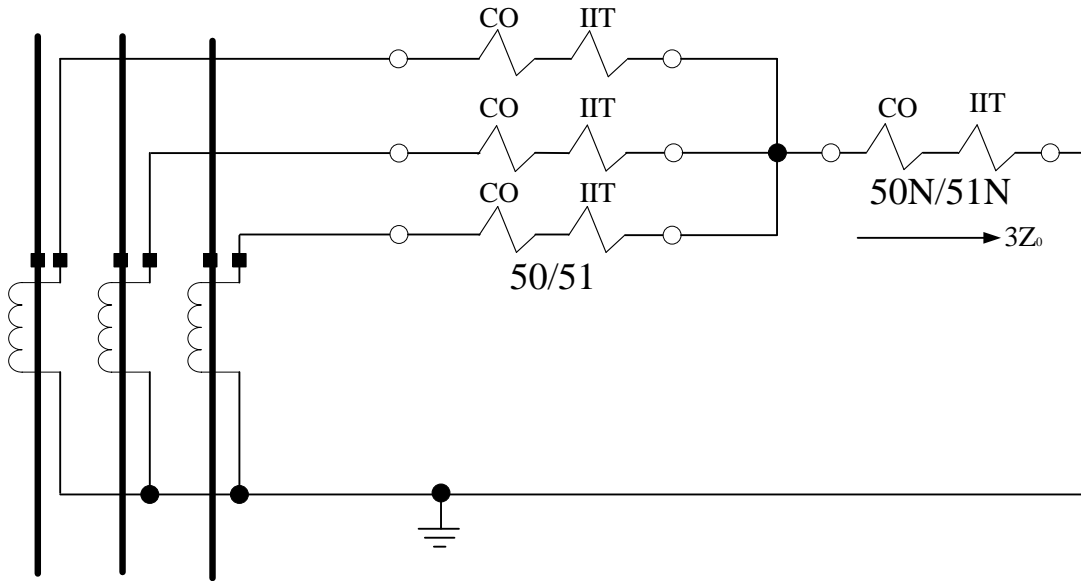


圖 7 過流保護電驛之比流器結線圖

當系統發生單相接地故障時，系統 I_A 、 I_B 、 I_C 單相接地故障電流可分解出正相序負相序及零相序等三個故障電流成份：

$$\begin{aligned}
 I_A &= I_1 + I_2 + I_0 \\
 I_B &= a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \\
 I_C &= a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \\
 \therefore I_A + I_B + I_C &= (1 + a^2 + a) \times I_1 + (1 + a + a^2) \times I_2 + 3 I_0 \\
 (1 + a^2 + a) &= (1 + a + a^2) = 0 \\
 \therefore I_A + I_B + I_C &= 3 I_0
 \end{aligned}$$

其中正相序成份及負相序成份均為對稱成份，在典型過流保護電驛之比流器結線方式，依三相平衡理論正相序及負相序故障電流成份不會流入保護電驛之中性點迴路，僅有同相位之零相序故障電流成份流經保護電驛之中性點迴路，即 $3I_0$ 單相接地故障電流成份。

五、過流保護電驛用比流器飽合現

象之探討

係根據 ANSI 比流器規範「Current Transformer Accuracy Classes」C57.13 (1968) 的定義，比流器在 1~ 20 倍額定電流時，比流器變比誤差應不超過 10%。當比流器二次側最高總負擔值 (Burden)，若能滿足下列計算條件，則該比流器在最大外部故障電流情況下，將不致發生交流性的磁飽和 (AC Saturation)，其計算公式如下[17]：

1. 若故障時比流器二次側故障電流小於 100A 時適用公式：

$$* . Z_T = \frac{N_P * V_{CL}}{100} \dots\dots\dots (2.11)$$

2. 若故障時比流器二次側故障電流大於 100A 時適用公式：

$$* . Z_T = \frac{N_P * V_{CL} - (I_{ext} - 100) R_S}{K * I_{ext}} \dots\dots\dots (2.12)$$

式中各元件說明：

Z_T ：比流器二次側最高總負擔值。

N_P ：比流器選用比值與滿匝比的比值

$$= \frac{N}{N_T} \text{。}$$

V_{CL} ：該 C 級比流器的電壓規範值
(Accuracy class voltage)。

I_{ext} ：最大外部故障電流

R_S ：比流器二次側繞線阻抗。

K ：安全係數，母線差動保護時用
 $K=1.33$ ，其餘使用 $K=1.0$ 。

六、過流保護電驛標置之演算方法

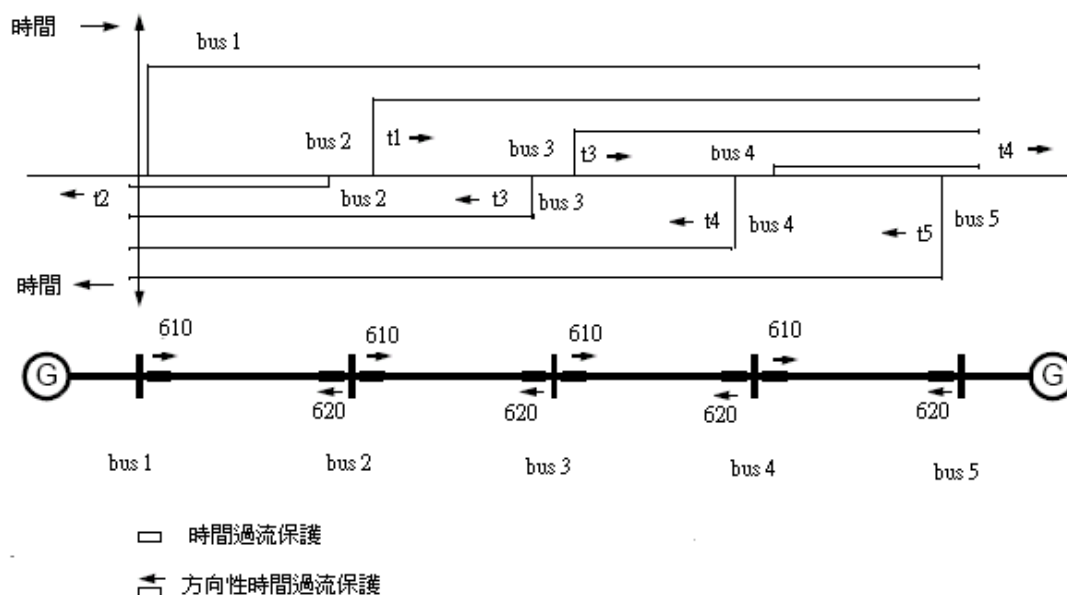


圖 8 方向性時間過流保護協調圖

以上為典型五個匯流排單環路系統之方向過流保護電驛保護電驛協調圖來介紹方向性過流保護電驛保護電驛協調方式：使用變數：

$I_{fa \rightarrow b}$ ：在 bus b 發生三相短路或單相接地故障時，由 bus a 流向 bus b 之三相短路或單相接地故障電流。

$I_{fsa \rightarrow b}$ ：在 bus b 發生三相短路或單相接地故障時，由 bus a 流向 bus b 之比流器二次側三相短路或單相接地故障電流。

CT_a ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛用之比流器匝比。

TAP_a ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛分接頭值。

M_a ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛之電流倍數。

M_a' ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛之修正電流倍數。

L_a ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛之時標(time dial)。

t_a ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛之延時時間。

t_a' ：bus a 之方向性相間或接地過流保護電驛之修正延時時間。

CTI：上下游協調時間區間(coordination time interval)。

1. 首先介紹 1 → 2 → 3 → 4 → 5 協調方向[14]

(1)在故障點 bus 4(BUS 5 端)：

A. bus 4 #610：67(67N)： TAP_4 / L_4

$$I_{f3 \rightarrow 4} \div CT_4 = I_{fs3 \rightarrow 4}$$

$$I_{fs3 \rightarrow 4} \div TAP_4 = M_4$$

由於為末端預設值為 $t_4=10$ 週波，

以預設值 t_4 及電流倍數 M_4 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 4 之 L_4 時標。

B. bus 3 #610 : 67(67N) : TAP₃/L₃

$$I_{f3 \rightarrow 4} \div CT_3 = I_{fs3 \rightarrow 4}$$

$$I_{fs3 \rightarrow 4} \div TAP_3 = M_3$$

$$10 \text{ 週波} + CTI = t_3$$

以 bus 3 之 t_3 延時時間及電流倍數 M_3 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 3 之 L_3 時標。

(2) 在故障點 bus 3 (BUS 4 端) :

A. bus 3 #610 : 67(67N) : TAP₃/L₃

$$I_{f2 \rightarrow 3} \div CT_3 = I_{fs2 \rightarrow 3}$$

$$I_{fs2 \rightarrow 3} \div TAP_3 = M_3' \text{ (修正電流倍數)}$$

以 bus 3 時間標置 L_3 及修正電流倍數 M_3' 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描 bus 3 之 t_3' 修正延時時間。

B. bus 2 #610 : 67(67N) : TAP₂/L₂

$$I_{f2 \rightarrow 3} \div CT_2 = I_{fs2 \rightarrow 3}$$

$$I_{fs2 \rightarrow 3} \div TAP_2 = M_2$$

$$t_3' + CTI = t_2$$

以 bus 2 之延時時間 t_2 及電流倍數 M_2 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 2 之 L_2 時標。

(3) 在故障點 bus 2 (BUS 3 端) :

A. bus 2 #610 : 67(67N) : TAP₂/L₂

$$I_{f1 \rightarrow 2} \div CT_2 = I_{fs1 \rightarrow 2}$$

$$I_{fs1 \rightarrow 2} \div TAP_2 = M_2' \text{ (修正電流倍數)}$$

以 bus 2 時間標置 L_2 及修正電流倍數 M_2' 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 2 之 t_2' 修正延時時間。

B. bus 1 #610 : 67(67N) : TAP₁/L₁

$$I_{f1 \rightarrow 2} \div CT_1 = I_{fs1 \rightarrow 2}$$

$$I_{fs1 \rightarrow 2} \div TAP_1 = M_1$$

$$t_2' + CTI = t_1$$

以 bus 1 延時時間 t_1 及電流倍數 M_1 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 2 之 L_1 時間標置。

2. 首先介紹 5 → 4 → 3 → 2 → 1 協調方向

(1) 在故障點 bus 2 (BUS 1 端) :

A. bus 2 #620 : 67(67N) : TAP₂/L₂

$$I_{f3 \rightarrow 2} \div CT_2 = I_{fs3 \rightarrow 2}$$

$$I_{fs3 \rightarrow 2} \div TAP_2 = M_2$$

由於為末端預設值為 $t_2=10$ 週波，以預設值 t_2 及電流倍數 M_2 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 2 之 L_2 時標。

B. bus 3 #620 : 67(67N) : TAP₃/L₃

$$I_{f3 \rightarrow 2} \div CT_3 = I_{fs3 \rightarrow 2}$$

$$I_{fs3 \rightarrow 2} \div TAP_3 = M_3$$

$$10 \text{ 週波} + CTI = t_3$$

以 bus 3 之 t_3 延時時間及電流倍數 M_3 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 3 之 L_3 時標。

(2) 在故障點 bus 3 (BUS 2 端) :

A. bus 3 #620 : 67(67N) : TAP₃/L₃

$$I_{f4 \rightarrow 3} \div CT_3 = I_{fs4 \rightarrow 3}$$

$$I_{fs4 \rightarrow 3} \div TAP_3 = M_3' \text{ (修正電流倍數)}$$

以 bus 3 時間標置 L_3 及修正電流倍數 M_3' 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描 bus 3 之 t_3' 修正延時時間。

B. bus 4 #620 : 67(67N) : TAP₄/L₄

$$I_{f4 \rightarrow 3} \div CT_4 = I_{fs4 \rightarrow 3}$$

$$I_{fs4 \rightarrow 3} \div TAP_4 = M_4$$

$$t_3' + CTI = t_4$$

以 bus 4 之延時時間 t_4 及電流倍數

M_4 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 4 之 L_4 時標。

(3) 在故障點 bus 4 (BUS 3 端) :

A. bus 4 #620 : 67(67N) : TAP₄ / L₄

$$I_{f5 \rightarrow 4} \div CT_4 = I_{fs5 \rightarrow 4}$$

$$I_{fs5 \rightarrow 4} \div TAP_4 = M_4' \text{ (修正電流倍數)}$$

以 bus 4 時間標置 L_4 及修正電流倍數 M_4' 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 4 之 t_4' 修正延時時間。

B. bus 5 #620 : 67(67N) : TAP₅ / L₅

$$I_{f5 \rightarrow 4} \div CT_5 = I_{fs5 \rightarrow 4}$$

$$I_{fs5 \rightarrow 4} \div TAP_5 = M_5$$

$$T_4' + CTI = t_5$$

以 bus 5 延時時間 t_5 及電流倍數 M_5 經由選定之反時性曲線圖 (inverse curve diagram) 描出 bus 5 之 L_5 時間標置。

七、四個匯流排電驛標置之實際人工演算

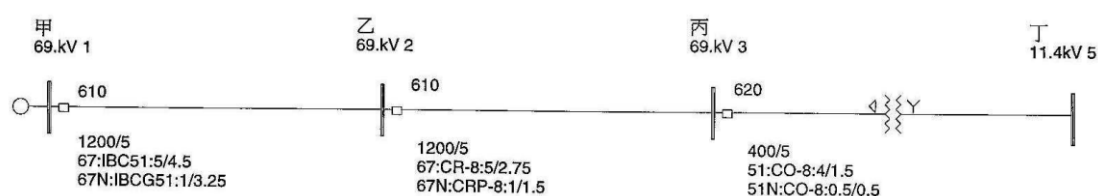


圖 9 四個匯流排輻射狀輸電網路

表 4 四個匯流排匯流排相關資料表

| 匯 流 排 | | | |
|-------|-----|-------|--|
| 編 號 | 名 稱 | 電 壓 | 系 統 常 數 Ω |
| 1 | 甲 | 69kV | $Z_1=0.001+j1.407$ $Z_0=0.001+j31.255$ |
| 2 | 乙 | 69kV | |
| 3 | 丙 | 69kV | |
| 4 | 丁 | 11 kV | |

表 5 四個匯流排輻射狀輸電網路線路相關資料表

| 線 路 名 稱 | 安 全 電 流 | 送 電 端 | | 受 電 端 | | 正 相 序 阻 抗 (pu 值) | 零 相 序 阻 抗 (pu 值) |
|---------|---------|-------|------------------------------|-------|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | | CB 編號 | CT 比 電驛型式 | CB 編號 | CT 比 電驛型式 | | |
| 甲~乙 | 1000A | 610 | 1200/5 67:IBC 67N:IBCG | | | 0.014+j0.204 0.000294+j0.00428 | 0.221+j0.126 0.000021+j0.00265 |
| 乙~丙 | 1000A | 610 | 1200/5 67:IBC 67N:IBCG | | | 0.046+j0.278 0.00097+j0.0058 | 0.096+j0.367 0.002016+j0.0078 |
| 丙~丁 | 1200A | 620 | 400/5 51:CO-8 51N:CO-8 | | | 0.000+j23.805 0.0000+j0.5000 | 0.000+j23.805 0.0000+j0.5000 |

1. 相間和接地過流電流電驛標置協調結果[18,19,20]，詳如下：

(1) 故障匯流排：丁主變二次側丁匯流排(11.4 KV)故障(容量：15/25MVA 7.5%)

三相短路電流：1545 A 單相接地電流：0.0 A

A. 匯流排：丙 斷路器編號：620 CT 比：400/5

51：CO-8：4 / 1.5

51N：CO-8：0.5 / 0.5

$1544 / (400/5) = 19.3$

由於主變一、二次側為：
delta to Y 接法

$19.3/4 = 4.83$ 倍

單相接地電流=0 A

lever = 1.5 (30 週波)

lever = 0.5 (設最低)

(2) 故障匯流排：丙 匯流排(69.0 KV) 故障

三相短路電流：21078 A 單相接地電流：3364 A

A. 匯流排：丙 斷路器編號：620 CT 比：400/5

51：CO-8：4 / 1.5

51N：CO-8：0.5 / 0.5

$21078 / (400/5) = 263.4$

$3364 / (400/5) = 42.1$

$263.4 / 4 = 65.86$ 倍

$42.1 / 0.5 = 84.2$ 倍

lever = 1.5 (14.5 週波)

lever = 0.5 (3.0 週波)

B. 匯流排：乙 斷路器編號：610 CT 比：1200/5

67：IBC51：5 / 2.75

67N：IBCG51：1.0 / 1.5

$21078 / (1200/5) = 87.8$

$3364 / (1200/5) = 14.0$

$88.0 / 5 = 17.6$ 倍

$14.0 / 0.5 = 28.0$ 倍

14.5 週波 + 18 週波 = 32.5 週波

3.0 週波 + 18 週波 = 21.0 週波

選 lever = 2.75

選 lever = 1.5

(3) 故障匯流排：乙 匯流排(69.0 KV) 故障

三相短路電流：24727 A 單相接地電流：3454 A

A. 匯流排：乙 斷路器編號：610 CT 比：1200/5

67：IBC51：5 / 2.75

67N：IBCG51：1.0 / 1.5

$24727 / (1200/5) = 103.0$

$3454 / (1200/5) = 14.4$

$103.0 / 4 = 20.6$ 倍

$14.4 / 1.0 = 14.4$ 倍

lever = 2.75 (31.8 週波)

lever = 1.5 (21 週波)

B. 匯流排：甲 斷路器編號：610 CT 比：1200/5

67：IBC51：5 / 4.5

67N：IBCG51：1.0 / 3.25

$24727 / (1200/5) = 103.0$

$3454 / (1200/5) = 14.4$

$88.0 / 5 = 17.6$ 倍

$14.4 / 1.0 = 14.4$ 倍

31.8 週波 + 18 週波 = 49.8 週波

21 週波 + 18 週波 = 39.0 週波

選 lever = 4.5

選 lever = 3.25