

161KV 系統一次配電變電所加入對輸電線路 保護運用與計算

台電公司供電處電驛標置課 許文興

一、前言

在電力傳輸系統中，系統設備加入是可喜的，一方面可減輕載流量，紓解尖峰負載；一方面可增加保護，可是無法阻止設備或事故故障的發生；但如何巧妙運用電力系統之保護電驛設定與標置及配合相關設備，使系統保護設備減少損失，人員傷亡降低，確保系統穩定與電力品質，防止事故範圍擴大，保護電驛是我們最好的運用設備，它是電力系統無言的哨兵，如何善用保護電驛將可收事半功倍之效；因此利用標置設定與運用，可達到適材適所，使保護電驛得以快慢動作，進而達成穩定系統之目的。所以由保護電驛來判定檢出故障是否存在，在相互重疊之保護系統中是否會由主保護電驛優先動作，保護電驛標置協調就顯得格外重要了。

二、161KV 系統一次配電變電所 加入事前準備工作

2.1 變電所加入系統前申請用電流程

欲使特高壓以上用戶成為供電戶，需經過該地區之供電能力之評估檢討，還要經供電會議決定討論系統供電方式，用電戶需依一定程序提出申請用電，其流程簡圖如圖一。

2.2 規劃相關事項

(一) 電機技師公會送審資料圖記

1. 電機技師公會圖章及有效日期。
2. 電機技師圖章。
3. 電機技師本人簽名。

(二) 本次送審工程概要說明

1. 新設(一般大用戶、汽電共生系統、獨立發電業)。
2. 變更(過去運轉狀況、容量變大或減小、電壓等級)。
3. 保護電驛保護方式。
4. 系統容量大小。
5. 發電機大小及運轉情況。

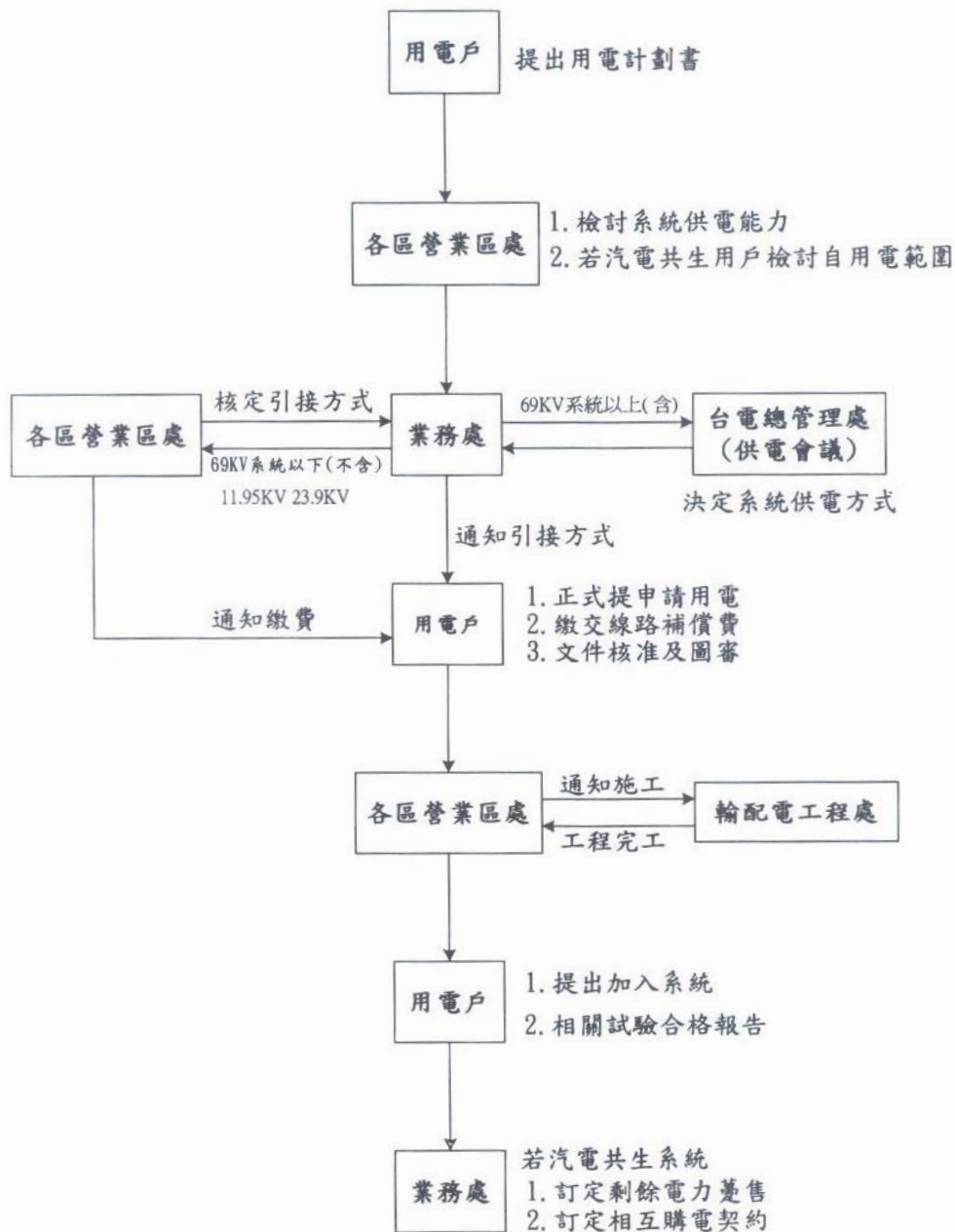
(三) 電力系統單線圖

1. 電機技師圖章及本人簽名。
2. 線徑大小。
3. 斷路器開關號碼。
4. 比流器(CT)比壓器(VT)容量大小。
5. 變壓器容量大小(百分比阻抗值 At xx MVA)
6. 保護電驛廠牌、型式。
7. 中性點接地要設計 51Z 保護，並使用正常反時型電驛。
8. 控制回路應詳細記載並標示。

(四) 檢附最大(小)三相短路容量

由最大(小)三相短路容量可決定比流器容量，避免飽和產生之誤差，造成系統之不良後果，所以非常重要，應請由專責單位台電公司系統規劃處提供。

特高用戶申請用電處理流程



圖一 特高壓用戶申請用電流程圖

(五) 檢附責任分界點比流器(CT)大小及負擔檢討

1. 特高壓用戶設計時，所選用保護電驛用之比流器(CT)，若最大故障電流超過比流器二次側額定電流 20 倍時，應依其實際負擔檢討準確度在 10% 以

內。

2. 比流器(CT)極性。
3. 比流器(CT)負擔檢討。
4. 請設計使用多匝比之比流器。

(六) 提供線路常數計算書

1. 線路長度。

2. 線徑型式。
3. 若為電纜者，請提供實際測試值。
4. 變壓器常數計算。
5. 發電機常數計算。

(七) 故障電流計算書

1. 三相短路故障電流計算。
2. 單相短路故障電流計算。

(八) 保護電驛說明書

1. 應附有該使用電驛之特性曲線說明書。
2. 使用那一種特性曲線。

(九) 保護電驛標置設定計算書

1. 額定電流計算。
2. 比流器比值(CT)大小計算。
3. 保護電驛 Tap 計算。
4. 保護電驛倍數計算。
5. 保護電驛 Lever 計算。
6. 保護電驛瞬時電流計算。

(十) 保護協調曲線圖

1. 變壓器激磁突入電流點(Inrush-Point)計算。
2. 變壓器破壞曲線(Damage-Curve)計算。
3. 劃保護電驛協調曲線圖。
4. 劃保護電驛瞬時電流曲線圖。

(十一) 保護電驛標置一覽表

提供一份完整之保護電驛標置一覽表有利於圖審時作業。

表一 保護電驛標置一覽表

項次	線路名盤名	電驛代號	型式	廠牌	規格範圍	CT PT 匝比	保護電驛標置設定			備註
							Tap	Lever	III	
1										
2										
3										

(十二) 設備採購前切記

1. 依據台電公司業務處函

中華民國 80 年 9 月 3 日

業配供發字第 8008-0364 號

說明 3：自備變電所保護電驛等相關設備，請先經台電公司圖審認可後再行採購以免造成日後修改或變更設備等困擾。

2. 採購設備前應知會用戶。

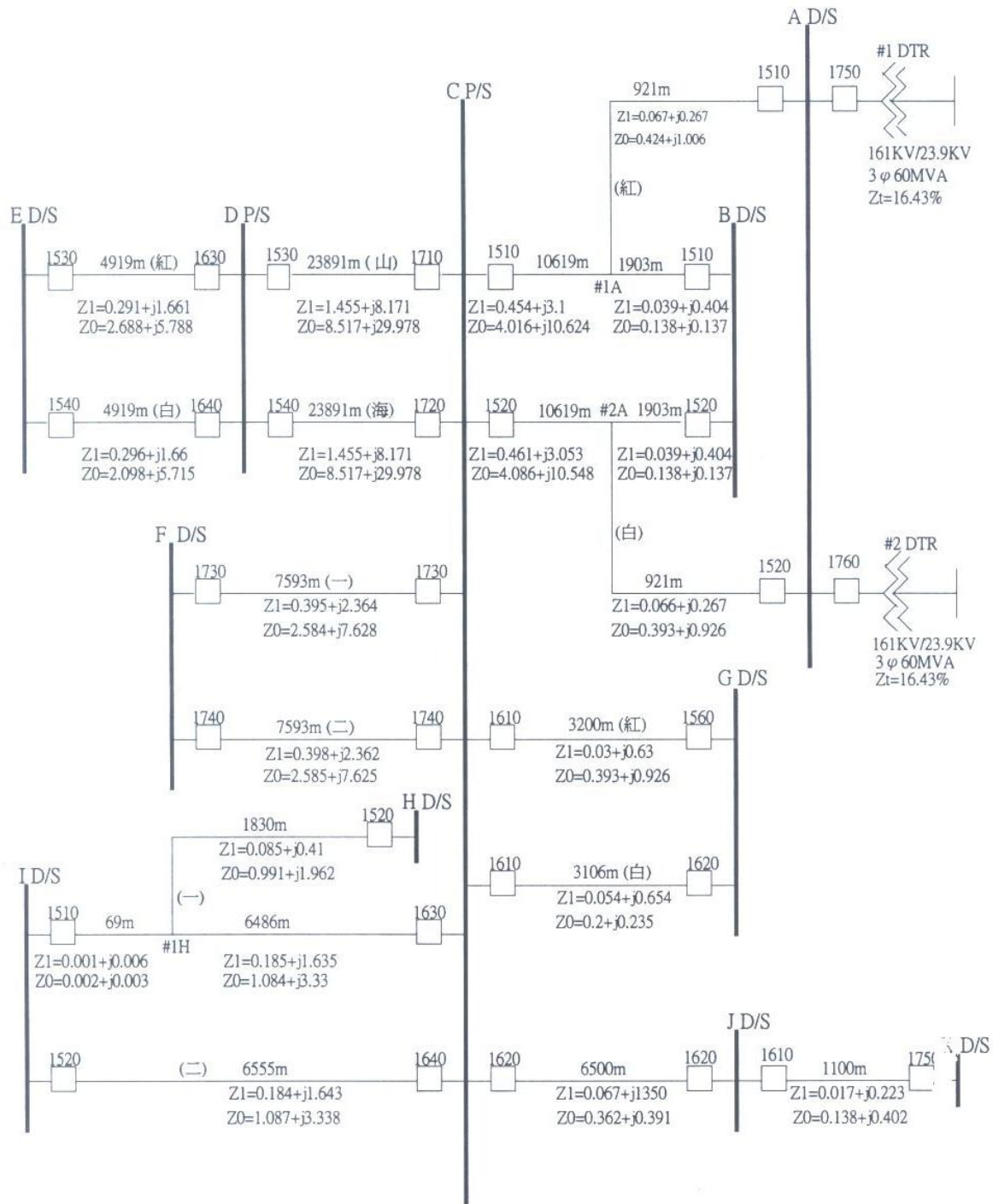
三、線路常數計算

線路常數是提供輸電系統變電所與變電所間之測距保護電驛偵測線路、設備故障時所用，也就是說線路常數是用來計算測距保護電驛標置設定用，所以線路常數要正確，故障時測距保護電驛確保能發揮應有功能，正確動作，適時隔離故障範圍。A^D/s 為新加入之新一次配電變電所及相關之線路常數，如圖二。

四、比流器、比壓器容量選擇

4.1 責任分界點比流器比值相關規定

- (一) 責任分界點處比流器比值選用應以最大三相短路故障容量為依據。
- (二) 為避免特高壓用戶自備線路故障時引起保護電驛用 CT 二次側電流超過其額定電流二十倍，導致 CT 飽和而使保護電驛遲延動作，請依 ANSI/IEEE C57.13(1968)設計選用保護電驛用之 CT 額定。
- (三) 比流器準確度檢討，除了「對稱故障電流」部分之外，還需考慮「不對稱故障電流」，以符實際；按實際負擔檢討是否會飽和，如最大故障電流超過比流器二次側額定電流二十倍時，應依其實際負擔檢討準確度是否在 10% 以內。



圖二 161kv 線路常數阻抗圖

4.2 容量計算

(一) 比流器比值選定：係指考慮所連接的保護設備之安全電流，一般是以被保護設備之額定電流的 1.2 倍~1.5 倍

間。

(二) 比流器精確等級

若選用 C800 時，其二次側最大端電壓(V)多少？

C：表示比流器之比誤差可用計算方

法求得。

800：表示比流器二次側所能輸出之二次側端電壓，並規定二次電流為額定電流之 20 倍時，其比誤差應不得超過 10%。

$$8\Omega \times 20 \times 5A = 800V$$

(三)若根據 IEC(International Electrotechnical Commission) Standard 185-1966 文獻

- a. 若選用 IEC：15VA CLASS 10 P 20
- b. 15VA：表示 Continuous VA 持續額定容量。
- c. 10：表示 Accuracy Class 準確度分類，誤差在 10% 以內。
- d. P：表示 For Protection 保護電驛用。
- e. 20：表示 Accuracy Limit Factor 精確極限常數；

二次側輸出電壓在額定電流 5A 的條件下應為： $15/5 = 3$ Volts，而該比流器二次側輸出電壓由在 3 Volts 至 $20 \times 3 = 60$ Volts 的範圍內。

(四)ANSI 比流器規範(Current Transformer Accuracy Classes)

表二 ANSI 比流器規範表

精確等級	額定負擔代號	額定負擔 (VA)	負載的阻抗(Ω)	二次側最大端電壓(V)
C100	B-1	25	1	100
C200	B-2	50	2	200
C400	B-3	100	4	400
C800	B-4	200	8	800

(五)ANSI 比壓器規範(Voltage Transformer Accuracy Classes)

表三 ANSI 比壓器規範表

精確等級	額定負擔的代號	額定負擔 (VA)
0.3	W	12.5
0.6	X	25
1.2	Y	75
	Z	200
	ZZ	400

註：ANSI 之 0.6Y 比壓器，表示比壓器之精確級為 0.6，其負擔為 75VA。

五、輸電線路保護電驛 161KV 系統一次配電變電所設計規劃

5.1 一次配電變壓器(D.TR.) 161KV/23.9KV 保護協調

1. 特高壓系統 161KV 側：

(1) 50：額定電流之 12~15 倍。

51：變壓器額定電流之 1.5 倍。

(2) 51 電驛標置設定：當二次側三相短路時，一次側故障電流流過保護電驛其故障清除時間必須在 1.0 秒內動作。

A. 主變一次側額定電流選用 CT 比值：

$$I_{FL1} : 60MVA / (1.732 \times 161KV)$$

$$= 215.17A$$

$$215.17 \times 1.5 = 322.8A$$

CT.Ratio 選用：500/5---Y 接

B. 主變二次側額定電流選用 CT 比值：

$$I_{FL2} : 60MVA / (1.732 \times 23.9KV)$$

$$= 1449.46A$$

$$1449.46 \times 1.5 = 2174.19A$$

CT.Ratio 選用：2000/5--- Δ 接

表四 比流器接線方式表

變壓器接法	比流器接法
Δ -Y	Y- Δ
Y- Δ	Δ -Y
Y-Y	Δ - Δ
Δ - Δ	Y-Y

C. 故障電流產生計算：

$$Z_{ps} = (161KV \times 161KV) / 60 MVA \\ = 432.02 \Omega$$

$$Z_{base} = (161KV \times 161KV) / 100 MVA \\ = 259.21 \Omega$$

$$Z_{(pu)} = Z_{ps} / Z_{base} = 432.02 / 259.21 \\ = 1.67 pu$$

$$Z_{PU} = 1.67 \times 16.43\% = 0.2744 pu$$

$$I_{base} = 100 MVA / (\sqrt{3} \times 161KV) \\ = 358.6 A$$

$$I_{3\phi f} = (1/Z_{PU}) \times I_{base} \\ = (1/0.2744) \times 358.6 \\ = 1307 A$$

D. 過電流電驛及過電流瞬時元件標置計算：

a. 51 電驛 Tap 計算：

$$51 \text{ 電驛：滿載電流/CT Ratio} \\ = 215.17 / 500 / 5 = 2.15 A$$

$$2.15 A \times (1.25 \sim 1.5 \text{ 倍}) = 3.23 A$$

51 電驛 Tap 選用 4(0.8In)

b. 51 電驛 Lever 計算：

$$51 \text{ 電驛：}(I_{3\phi f} / CT \text{ Ratio}) / \text{電驛 Tap} \\ = (1307 / 500 / 5) / 4 = 3.27 \text{ 倍}$$

查電驛特性曲線

$$SPAJ140C (ABB) \text{ Lever} = 0.2$$

$$51(SPAJ140C) \text{ 電驛設定 } T/L = 4/0.2$$

c. 50 過電流瞬時元件計算：

$$50 \text{ 元件：}(滿載電流/CT \text{ Ratio}) \times \\ (10 \sim 15 \text{ 倍}) = (215.17 /$$

$$500/5) \times (10 \sim 15 \text{ 倍}) = 30 A$$

$$50(SPAJ140C) \text{ 電驛設定 } 30 A(6In)$$

(3) 87T 電驛標置設定：

A. 使用電驛有 HU-1(ABB), BDD15, BDD16(GE)。

B. 額定電流計算：

a. 主變一次側額定電流選用 CT 比值：

$$I_{FL1} : 60 MVA / (1.732 \times 161KV) \\ = 215.17 A$$

$$215.17 \times 1.5 = 322.76 A$$

CT. Ratio 選用：500/5---Y 接

b. 主變二次側額定電流選用 CT 比值：

$$I_{FL2} : 60 MVA / (1.732 \times 23.9KV) \\ = 1449.46 A$$

$$1449.46 \times 1.5 = 2174.19 A$$

CT. Ratio 選用：2000/5--- Δ 接

C. 計算電驛側電流：

$$I_H = 215.17 / (500/5) = 2.1517 A$$

$$I_L = 1449.46 \times 1.732 / (2000/5) \\ = 6.2762 A$$

$$I_L / I_H = 6.2762 / 2.1517 = 2.9169 A$$

D. 選取電驛分接頭：

$$T_L / T_H = 8.7 / 2.9 = 3.0$$

使用 HU-1 (ABB)：

Tap 範圍：2.9、3.2、3.5、3.8、4.2、4.6、5.0、8.7

a. 主變一次側(高壓側)Tap 選用：2.9

$$T_H = 2.9$$

b. 主變二次側(低壓側)Tap 選用：8.7

$$T_L = 8.7$$

87T 電驛：HU-1 標置：2.9/8.7

註：HU-1, BDD 電驛分接頭比值表

表五 HU-1,BDD 電驛分接頭比值表

分接頭	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	8.7
2.9	1.000	1.103	1.207	1.310	1.448	1.586	1.724	3.000
3.2	0.906	1.000	1.094	1.188	1.313	1.438	1.563	2.719
3.5	0.829	0.914	1.000	1.086	1.200	1.314	1.429	2.486
3.8	0.763	0.842	0.921	1.000	1.105	1.211	1.316	2.289
4.2	0.690	0.762	0.833	0.905	1.000	1.095	1.190	2.071
4.6	0.630	0.696	0.761	0.826	0.913	1.000	1.087	1.890
5.0	0.580	0.640	0.700	0.760	0.840	0.920	1.000	1.740
8.7	0.333	0.368	0.402	0.437	0.483	0.529	0.575	1.000

E. 匹配誤差計算(Mismatch)：

$$M\% = \left[\frac{(3.0 - 2.9169)}{2.9169} \right] \times 100\%$$

$$= 2.85\% (M\% + \text{有載接頭切換器} \\ \% = 15\% \text{內合理})$$

表六 最高可容許電流匹配誤差率表

電驛型式	靈敏度 %	M%+有載接頭切換器 %
CA	50	35
HU,HU-1,HU-4,BDD	30	15
HU,HU-1,HU-4,BDD	35	20
CA-26,RADSB	—	10

F. 比流器(CT)性能校驗：

係根據 ANSI 比流器規範「Current Transformer Accuracy Classes」C57.13(1968)的定義，在最大外部故障電流下，比流器的變比誤差應不超過 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：

a. 若故障電流小於 100A 時適用：

$$Z_T = (N_p V_{CL}) / 100$$

b. 若故障電流大於 100A 時適用：

$$Z_T = \left[\frac{N_p V_{CL} - (I_{ext} - 100) R_s}{K I_{ext}} \right]$$

式中

 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 = N/N_T 。 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。

* 計算過程：

a. 比流器規格：2000/5-1200-1000-800-500/5，選用 500/5，C800 級

b. 最大故障電流：26.51KA

c. 比流器二次側最高總負擔值：0.505 Ω (廠家提供)d. $I_{ext} = 26510/500/5 = 265A > 100A$ e. $N_p = N/N_T = 500/2000 = 0.25$ f. $Z_T = \left[\frac{N_p V_{CL} - (I_{ext} - 100) R_s}{K I_{ext}} \right]$
 $= \left[\frac{0.25 \times 800 - (26510 - 100) 1.057}{1.0 \times 26510} \right]$
 $= \left[\frac{200 - 27915}{26510} \right]$
 $= 1.045 \Omega$ g. 電驛 Burden：HU-1(ABB)-0.5VA
 $0.5VA / (5 \times 5) = 0.02 \Omega$ h. CT 二次側至電驛間之導線阻抗：
 CT Wiring-5.5m m^2 ， $R = 4.424 \Omega / km$ ， $L = \text{約 } 50M$

CT 係採 Y 型接法，導線阻抗計算：

$$R_f = (2 \times 50) / (1000 \times 4.424) = 0.0226 \Omega$$

i. 比流器二次側總負擔(Total Burden)：

$$Z_B' = 0.505 + 0.02 + 0.0226 \\ = 0.5476 \Omega$$

j. 性能確認：

$$Z_B' = 0.5476 \Omega < Z_T = 1.045 \Omega，故 \\ \text{比流器應無交流性飽和之問題。}$$

2. 特高壓系統 23.9KV 側：

(1) 51Z 設定：

A. 使用正常反時型電驛：

CO-8(ABB), IFC51, IAC51(GE)。

B. 動作時間為 1 秒。

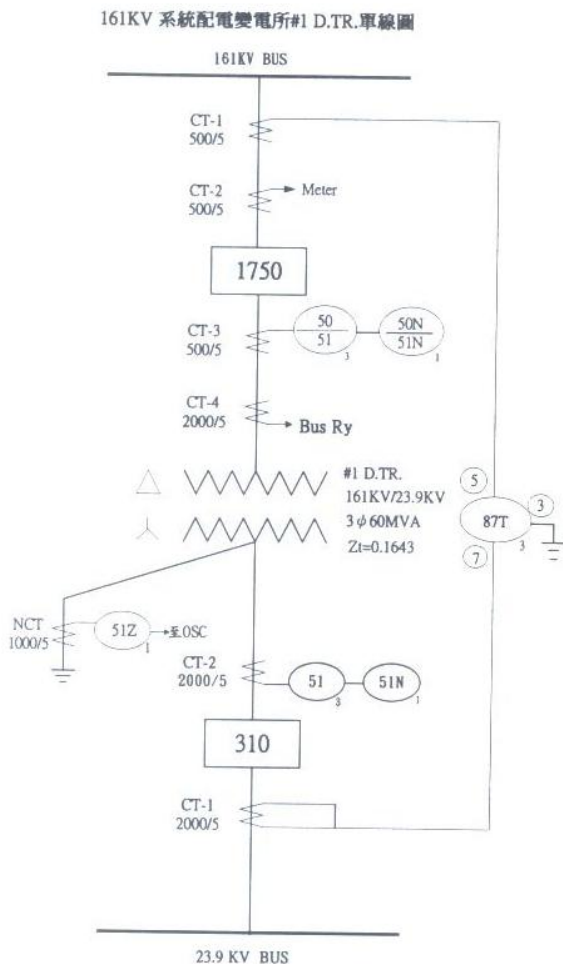
C. 50(IIT)：瞬時元件不用。

3. 161 KV 系統一次配電變電所 161 KV/23.9KV 單線圖，如圖三所示。

5.2 輸電線路保護電驛規劃

(一) 為何要使用測距電驛保護方式

線路保護可區分為輸電線路保護、二次輸電線路保護、配電線路保護。各等級的保護對象不同則有使用不同之保護電驛



圖三 161kv 保護電驛單線圖

，如輸電線路保護，若使用過電流電驛保護 51/51N 雖簡單方便經濟，但在保護協調運用上對複雜的輸電系統上是有缺陷與困難，因此對穩定度的改善及供電品質的提昇，對使用過電流電驛來偵測輸電線路事故是有待考慮的，應使用能偵測事故及判斷事故方向外並能偵測故障點之距離，來判定跳脫動作時間之測距電驛保護方式。

(二) 使用測距電驛之優點

1. 對輸電線路之保護協調較容易滿足需要。
2. 測距電驛的靈敏度較過電流電驛為高，主因是在設定標置協調時不需考慮負載電流及故障時電力潮流分佈之影響。
3. 被保護區段的線段約 80%~90%可瞬時優先快速跳脫保護。
4. 測距電驛的動作特性在不因電源阻抗及系統構造之改變而會有太大的影響。

(三) 測距電驛之基本動作原理

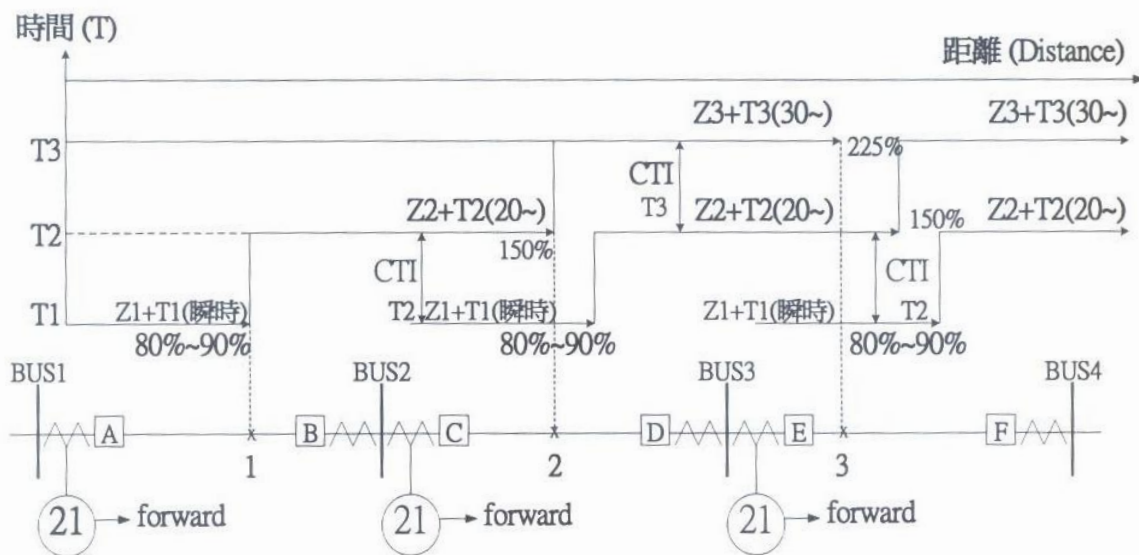
測距電驛偵測判斷事故信號來源是取自於比流器(CT)與比壓器(PT)之二次側電流及電壓，當輸電線路故障時，其電壓將瞬間下降，電流將瞬間提高，若離故障點越近，則電流越大，電壓越低，則 $Z=V/I$ ， Z 即代表線路長度，由 V 及 I 判斷出來的 Z 經轉換至比流器與比壓器之二次測電流及電壓之等效阻抗為 Z_{set} ，如果小於一定數值，便表示故障在保護範圍之內，即表示測距電驛動作，否則即不會動作，其動作情況依表七說明。

表七 測距電驛動作情況區分表

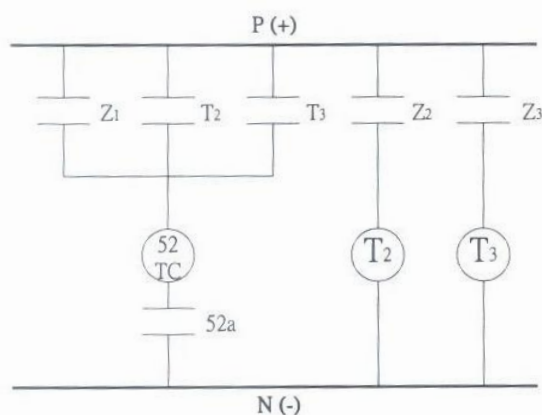
項次 原因	若本線段內 發生故障時	若本線段臨界點 發生故障時	若本線段外 發生故障時
模 擬 信 號	$V_{ry}/I_{ry}=Z_{fault}<Z_{set}$ $V_{ry}<I_{ry}*Z_{set}$	$V_{ry}/I_{ry}=Z_{fault}=Z_{set}$ $V_{ry}=I_{ry}*Z_{set}$	$V_{ry}/I_{ry}=Z_{fault}>Z_{set}$ $V_{ry}>I_{ry}*Z_{set}$
情 況	內部故障	平衡點故障	外部故障
結 果	保護電驛動作	保護電驛動作或保 護電驛不動作	保護電驛不動作

測距電驛區間動作表示可分為正向三個區間保護，也就是有三個各別的測距電驛元件來執行故障清除任務，同時是互為

重疊的。第一區間保護是本線段長度之 80%~90%間且為瞬時動作；第二區間保護是本線段長度加第二線段最長之 50% 加延時 20 週波動作；第三區間保護是本線段長度加第二線段最長再加第三線段最長之 25%加延時 30 週波動作；由以下區間圖四顯示知，若本線段百分長度內故障，第一區間保護電驛應瞬時快速動作；若沒有動作，會延遲 20 週波動作或更長時間，此為測距保護方式之缺點。



圖四 測距電驛區間動作表示圖

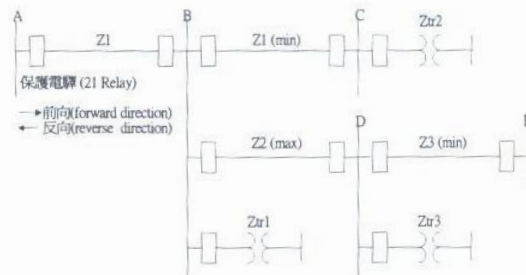


圖五 測距電驛動作區間直流跳脫迴路圖

(四) 測距電驛設定區間運用

1. 21：相間測距保護電驛

(1) 正常型：



圖六 測距電驛設定區間正常型圖

A. 前向標置：

第一區間： $Z1(set) = Z1 * 0.8 (< 2\Omega)$

$Z1(set) = Z1 * 0.85 (\geq 2\Omega)$

第二區間： $Z2(set) =$ 取下一線段之
最小值

a. $Z1 + Z2(min) * 50\%$

b. $Z1 + Ztr1$

第三區間： $Z3(set) =$ 取下一線段之

最小值

a. $Z1 + Z2(max) + Z3(min) * 25\%$

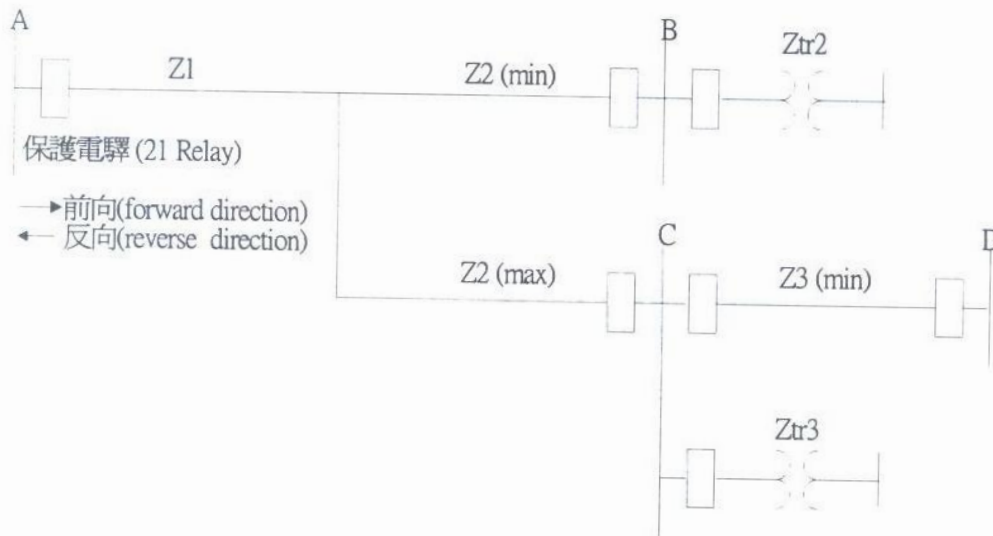
b. $Z1 + Z2(max) + Ztr3$

c. $Z1 + Ztr1$

B. 反向標置：

第四(ZS)區間： $ZS(set) = Z1(max) + Z2(max)$

(2) 三端(T)型



圖七 測距電驛設定區間三端(T)型圖

A. 前向標置：

第一區間： $Z1(set) =$ 取下一線段之
最小值

(A) 69kv, 161kv 系統：

a. $Z1(set) = Z1 + Z2(min) * 0.85 (\geq 2\Omega)$

b. $Z1(set) = Z1 + Z2(min) * 0.8 (< 2\Omega)$

(B) 345kv 系統：

a. $Z1(set) = Z1 + Z2(min) * 0.85 (\geq 5\Omega)$

b. $Z1(set) = Z1 + Z2(min) * 0.8 (< 5\Omega)$

第二區間： $Z2(set) =$ 取下一線段之
最小值

a. $Z2(set) = Z1 + Z2(max) + Z3(min) * 50\%$

b. $Z2(set) = Z1 + Z2(max) + Ztr3$

c. $Z2(set) = Z1 + Z2(min) + Ztr2$

第三區間： $Z3(set) =$ 取下一線段之

最小值

a. $Z3(set) = Z1 + Z2(max) + Z3(min) * 25\%$

b. $Z3(set) = Z1 + Z2(max) + Ztr3$

c. $Z3(set) = Z1 + Z2(min) + Ztr2$

B. 反向標置：

第四(ZS)區間：

$ZS(set) = Z1(max) + Z2(max)$

註： $Z1$ ：第一段線路長度之正相序阻
抗。

2. 21N：接地測距保護電驛

(1) 21N-1：第一區間

A. 69kv 系統：

a. $Z1X(set) = Z1X * 55\% (\geq 2\Omega)$

b. $Z1X(set) = Z1X * 55\% (< 2\Omega)$

B. 161kv 系統：

$$a. Z1X(\text{set}) = Z1X * 75\% (\geq 2\Omega)$$

$$b. Z1X(\text{set}) = Z1X * 60\% (< 2\Omega)$$

C. 345kv 系統：

$$a. Z1X(\text{set}) = Z1X * 75\% (\geq 5\Omega)$$

$$b. Z1X(\text{set}) = Z1X * 70\% (< 5\Omega)$$

(2) 21N-2：第二區間

$$Z2X(\text{set}) = Z1X + Z2X(\text{min}) * 50\%$$

(3) 21N-3：第三區間

$$Z3X(\text{set}) = Z1X + Z2X(\text{max}) +$$

$$Z3X(\text{min}) * 25\%$$

註：Z1X：第一段線路長度之正相序電抗。

(五) 輸電線路保護電驛標置計算

1. 161KV 輸電線路標置計算

依圖二線路阻抗圖，設定 A D/S #1510
做電驛標置計算

CT Ration: 2000/5

21S: SEL311C(POTT)---S.E.L. 公司

21S: GRZ100(3Z)---TOSHIBA CORPORATION

(1) ZONE Z1 設定: A D/S - B D/S

$$Z_1 = (0.067 + j0.267 + 0.039 + j0.404) * 80\%$$

$$= 0.0848 + j0.5368$$

$$= 0.543 \angle 81^\circ (\Omega)$$

$$Z_{1set} = 0.543 \angle 81^\circ * \frac{CT.R}{PT.R}$$

$$= 0.543 \angle 81^\circ * \frac{400}{1400}$$

$$= 0.155 \angle 81^\circ (\Omega)$$

$$X_1 = (0.267 + 0.404) * 60\%$$

$$= 0.403 (\Omega)$$

$$X_{1set} = 0.403 * \frac{400}{1400}$$

$$= 0.115 (\Omega)$$

(2) ZONE Z2 設定: A D/S - C P/S - G D/S

$$Z_2 = 0.067 + j0.267 + 0.454 + j3.1 + (0.054 + j0.654) * 50\%$$

$$= 0.548 + j3.694$$

$$= 3.734 \angle 82^\circ (\Omega)$$

$$Z_{2set} = 3.734 \angle 82^\circ * \frac{CT.R}{PT.R}$$

$$= 3.734 \angle 82^\circ * \frac{400}{1400}$$

$$= 1.067 \angle 82^\circ (\Omega)$$

$$X_2 = 0.267 + 3.1 + 0.63 * 50\%$$

$$= 3.682 (\Omega)$$

$$X_{2set} = 3.682 * \frac{400}{1400}$$

$$= 1.052 (\Omega)$$

(3) ZONE Z3 設定: A D/S - C P/S - D

D/S - E D/S

$$Z_3 = 0.067 + j0.267 + 0.454 + j3.1 + 1.455 + j8.$$

$$171 + (0.291 + j1.661) * 25\%$$

$$= 2.04875 + j11.95325$$

$$= 12.127 \angle 80^\circ (\Omega)$$

$$Z_{3set} = 12.127 \angle 80^\circ * \frac{CT.R}{PT.R}$$

$$= 12.127 \angle 80^\circ * \frac{400}{1400}$$

$$= 3.465 \angle 80^\circ (\Omega)$$

$$X_3 = 0.267 + 3.1 + 8.171 + 1.661 * 25\%$$

$$= 11.953 (\Omega)$$

$$X_{3set} = 11.953 * \frac{400}{1400}$$

$$= 3.415 (\Omega)$$

(4) ZONE Z4 設定: A D/S - C P/S - D D/S

$$Z_4 = 0.067 + j0.267 + 0.454 + j3.1 + 1.455 + j8.$$

$$171$$

$$= 1.976 + j11.538$$

$$= 11.706 \angle 80^\circ (\Omega)$$

$$Z_{4set} = 11.706 \angle 80^\circ * \frac{CT.R}{PT.R}$$

$$= 11.706 \angle 80^\circ * \frac{400}{1400}$$

$$= 3.344 \angle 80^\circ (\Omega)$$

$$X_4 = 0.267 + 3.1 + 8.171 \\ = 11.538 (\Omega)$$

$$X_{4set} = 11.538 * \frac{400}{1400} \\ = 3.296 (\Omega)$$

(六) 輸電線路之方向比較保護系統

輸電線路為電力傳輸之路徑，在電力系統運轉上，是相當重要。其保護方式依電壓等級及其重要性而有所不同，一般分段測距保護電驛在第一區間保護(Z1)設計上有其不週嚴處，無法全段偵測且適時清除故障，線路部份無法偵測線段之保護只好要靠後衛電驛來執行完成，但後衛電驛因必須考慮協調時間問題，故有延遲跳脫無法適時隔離故障的可能；而方向比較保護系統正好可以彌補這個不週嚴處，可提供輸電線路全線段百分之百快速清除故障的保護。

1. 方向比較保護系統之分類：

- (1) 方向比較閉鎖系統(DCB：Directional Comparison Blocking System)
- (2) 方向比較非閉鎖系統(DCUB：Directional Comparison UnBlocking System)
- (3) 允許越區轉移跳脫系統(POTT：Permissive Overreach Transfer Trip System)
- (4) 允許欠區轉移跳脫系統(PUTT：Permissive Underreach Trip System)。

2. 方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛系統(POTT)

目前台電公司以方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛系統(POTT)使用最多；此種載波系統之通信媒介為微波、音頻或光纖，一般採用頻率偏移(Frequency Shift Keying)的方式來傳送監視頻率(Guard Frequency)或允許對方跳脫的跳脫頻率(Permissive Trip

Frequency)。當無故障時，A、B 兩端利用監視頻率互相傳送信號，以目前之通信頻道，若有異常時，會發出警報信號，去閉鎖電驛快速跳脫之功能，當內部故障時，將會由監視頻率偏移為允許對方跳脫的跳脫頻率，以允許對方快速跳脫。

方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛系統特點為 Z_P 之設定同第二區間電驛(Z2)為 150%，若 Z_P 動作則會同時起動音頻機組將監視頻率偏移為允許對方跳脫之頻率，同時不需要反向載波起動電驛，而需要傳送監視或跳脫頻率之通信媒介。

依正常送電動作情形，A、B 兩端之電驛均不動作，音頻機組仍持續發射監視頻率，以確認雙方之通信良好，若有異常則會發出警報，且閉鎖電驛之快速跳脫功能。

依外部故障情形時，當外部故障發生在 A 端附近，如圖 8，則 A 端的 Z_P 不會動作，此時 A 端仍發射監視信號至 B 端，同時 B 端的 Z_P 會動作，且 B 端將會監視信號偏移成允許 A 端電驛跳脫之信號。

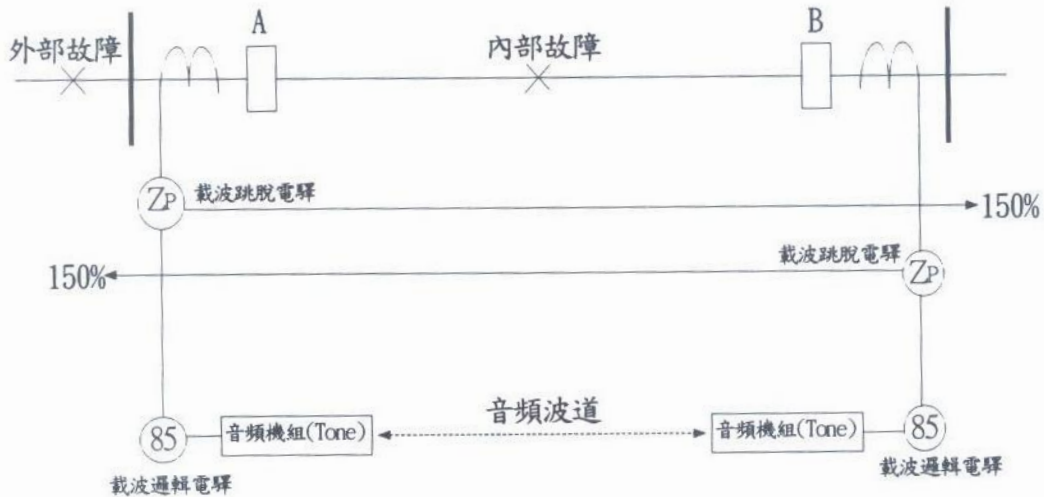
A 端的 Z_P 不動作，即使收到 B 端之允許跳脫信號，RR 接點閉合也不會跳脫。雖 B 端的 Z_P 動作，但未收到 A 端之允許跳脫信號，也不會跳脫。

依內部故障時，當內部故障發生在保護線路上在任何地點時，A、B 兩端之 Z_P 均會動作，則兩端同時會將監視信號偏移成允許對方跳脫之信號，此時 A、B 兩端 Z_P 接點閉合且收到對方之允許跳脫信號後 RR 接點閉合，完成跳脫回路、斷路器快速動作，隔離內部故障，由此可達到 100%

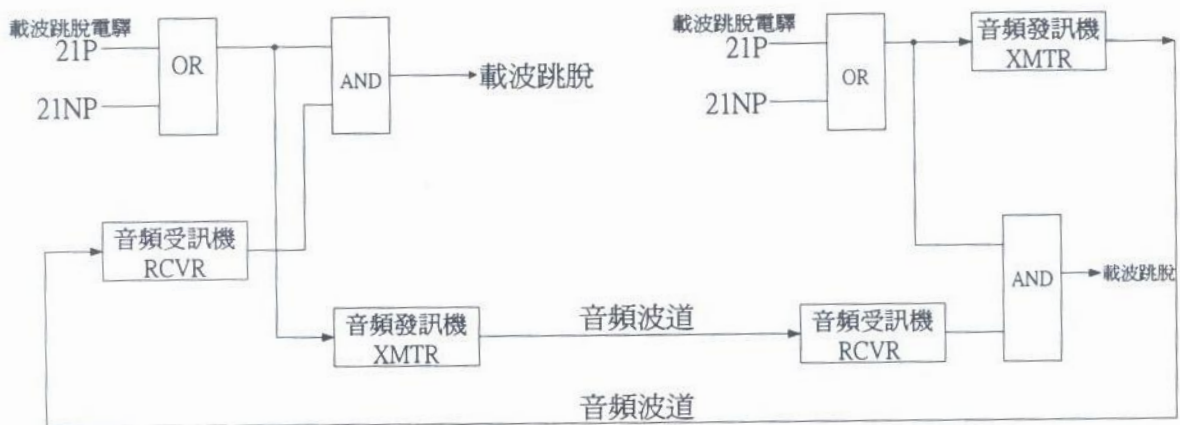
保護線路快速跳脫保護之要求。

越區轉換跳脫系統如同方向比較非閉鎖系統一樣，必須接收到對方端傳送過來的跳脫信號方能完成跳脫；因此其可靠性較方向比較閉鎖系統差，但相對的其安全性又比方向比較閉鎖系統高。

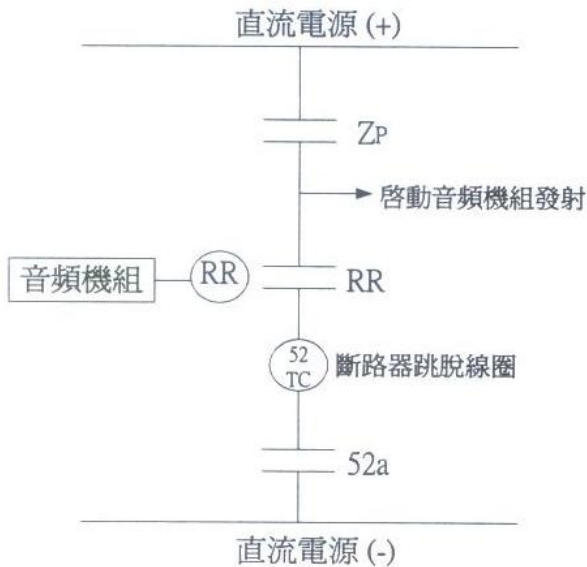
越區轉換跳脫系統，利用微波系統來傳送信息，並非利用輸電線來傳送，因此輸電線路發生故障時，不影響信號之傳遞，故不需要有 150 毫秒之允許跳脫迴路，以預防輸電線路故障時，故障相恰為傳遞信號路徑，而導致信號中斷無法跳脫。



圖八 方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛基本架構圖



圖九 方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛動作原理圖



圖十 方向比較允許越區轉移跳脫式載波電驛跳脫迴路圖

六、結語

電力設備順利加入系統，是期盼也是目標。唯輸電線路之保護系統依其電壓等級有各種不同的保護方式，除變壓器保護之外，線路保護更重要，而方向比較保護

方式，是提供全線段快速保護的其中一種選擇方法，若欲達成完全保護系統目標，必須選擇良好的通信媒體來傳遞信號，因此通信媒體之好壞，在品質上之要求是嚴格的且佔有相當水準的地位，此外為使系統供電穩定可靠安全，電力系統保護電驛之標置協調是不可忽視的。

七、參考資料

1. 臺電公司電力調度處網頁 161kv 系統線路常數及變壓器常數。
2. 許文興，特高壓用戶變壓器保護電驛標置與計算，電驛協會會刊第 15 期，91.06。
3. 21S:SEL311C(POTT)-S.E.L.公司，GRZ100(3Z)-TOSHIBA CORPORATION INSTRUCTION MANUAL。
4. 臺電公司供電處網頁 161kv 系統保護電驛標置原則。

電力系統的無名英雄『保護電驛』

