

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用同步相量量測器於多端輸電線故障定位研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-002-397-
執行期間：95年08月01日至96年08月15日
執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：劉志文

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：李忠樹、簡士恩、李建鋒
碩士班研究生-兼任助理：周一婷、王子健、鄧明宗

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 96 年 09 月 11 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期末報告

應用同步相量量測器於多端輸電線故障定位研究

計畫編號：NSC 95-2221-E-002-397-

執行期限：2006.08.01 至 2007.07.31

計畫主持人：劉志文教授

計畫參與人員：李忠樹、簡士恩、李建鋒、周一婷、王子健、鄧明宗

執行機構及單位名稱：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

Tel : (02)33663616 Email : cwliu@cc.ee.ntu.edu.tw

摘要：本計畫提出一使用同步量測訊號適用於多端線路的故障定位法則，各匯流排配備同步相量量測單元，取得各匯流排的同步電壓和電流相量，本演算法計算簡單，無需複雜的疊代。使用 EMTP/ATP 模擬器的結果顯示有可靠的準確度，不受故障型式、故障電阻和故障位置等影響。

關鍵字：故障定位、同步相量量測、多端線路。

Abstract: This project presents a new PMU-based fault location algorithm for EHV multi-terminal transmission lines. The method does not require fault type identification and its computational cost is very low since it does not require iterative operations. The EMTP/ATP simulator was adopted to verify the accuracy of the method. The simulation studies show that the algorithm provides a high degree of accuracy in fault location. The algorithm is independent of various fault and system conditions such as fault types, fault positions, fault path resistance, pre-fault load flows, and line shunt capacitance, etc.

Keyword： Fault Location, Synchronized Phasor Measurement, Multi-Terminal lines.

一、介紹

超高壓線路是電力傳輸的命脈，所以故障定位一直是一個重要的課題，尤其是多端線路本身的複雜性，一般的故障定位無法應付此一問題。隨著電腦科技的進步，已經有很多的數位故障定位演算法被提出[1-12]。但是其中大多只有探討單一未分支線路的故障定位，一部份提到三端的線路的故障定位法。對於三端線路以上的故障定位更是少數，而且該類的故障定位演算法，其計算需要複雜的疊代，且只限於短程的輸電線，本演算法適用長短程輸電線。

本計畫提出一使用同步量測訊號適用於多端線路的故障定位法則，它計算簡單無需複雜的疊代。模擬的結果顯示有可靠的準確度，不受故障型式、故障電阻和故障位置等影響。

其他的章節安排如下，第二段闡述本文提出的故障定位法則和理論，並歸納出一簡單的故障區間和故障位置的判別法則。再來，第三段是使用EMTP/ATP[13]模擬器以驗證本演算法。最後是本計畫的結論及成果自評。

二、故障定位演算法

在一線路上，如圖一，任一位置的電壓和電流，可以由下列的等式表示：

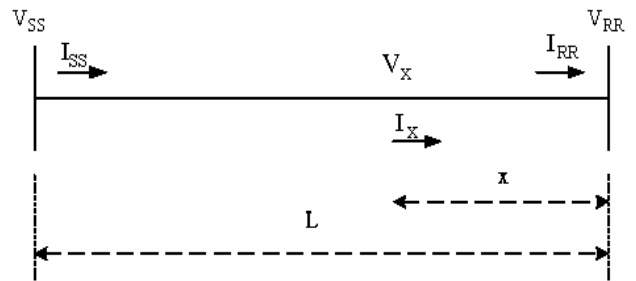


圖 1 傳輸線路單線圖

$$\begin{aligned} V_m &= A_m \exp(\gamma_m x) + B_m \exp(-\gamma_m x) \\ I_m &= [A_m \exp(\gamma_m x) - B_m \exp(-\gamma_m x)] / Z_{cm} \end{aligned} \quad (1)$$

m是0、1或2代表的是零、正或負序成份。

$$Z_{cm} = \sqrt{Z_m / Y_m} \text{ 表示線路的特性阻抗。}$$

$$\gamma_m = \sqrt{Z_m Y_m} \text{ 表示線路的傳播常數。}$$

另外，常數 A_m 和 B_m 可由任一線路端所量測的電壓和電流來決定。

若以受電端為條件且只考慮正序的相量，上式可以表示為：

$$V_x = \frac{1}{2}(V_R + Z_C I_R) e^{\Gamma x} + \frac{1}{2}(V_R - Z_C I_R) e^{-\Gamma x} \quad (2)$$

$$I_x = \left[\frac{1}{2}(V_R + Z_C I_R) e^{\Gamma x} - \frac{1}{2}(V_R - Z_C I_R) e^{-\Gamma x} \right] / Z_C \quad (3)$$

同理，若以送電端為條件，可表示成：

$$\begin{aligned} V_x &= \frac{1}{2} e^{-\Gamma L_R} (V_S + Z_C I_S) e^{\Gamma x} \\ &\quad + \frac{1}{2} e^{\Gamma L_R} (V_S - Z_C I_S) e^{-\Gamma x} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} I_x &= \left[\frac{1}{2} e^{-\Gamma L_R} (V_S + Z_C I_S) e^{\Gamma x} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2} e^{\Gamma L_R} (V_S - Z_C I_S) e^{-\Gamma x} \right] / Z_C \end{aligned} \quad (5)$$

不管以送電端或受電端為表示式，在線路未故障時，線路上各點的電壓以(2)或(4)表示皆相等。但當線路上，有一故障發生時，線路上各點的電壓以(2)或(4)

表示不會相等，除了線路上故障點的電壓以外，利用此一特性求得正確的故障位置 $x(x=DL)$ 。

A. 三端線路的故障定位：

我們一樣以受電端為邊界條件，來表示線路上的電壓和電流，另選線路上分歧點 p 為新送電端的邊界條件，如圖 2，所以新的表示式：

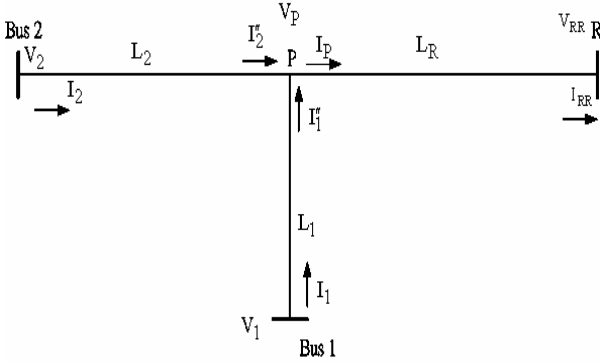


圖 2. 三端線路單線圖

$$V_x = \frac{1}{2} e^{-\Gamma L_R} (V_P + Z_C I_P) e^{\Gamma x} + \frac{1}{2} e^{\Gamma L_R} (V_P - Z_C I_P) e^{-\Gamma x} \quad (6)$$

而 p 點的電壓和電流，分別以舊的送電端 bus 1 and 2 來估測，先討論若以 bus 1 來估測 p 點的電壓：

$$V_{P_B1} = \frac{1}{2} e^{-\Gamma L_1} (V_1 + Z_C I_1) + \frac{1}{2} e^{\Gamma L_1} (V_1 - Z_C I_1) \quad (7)$$

V_P 的下標 B1，代表該 P 點的電壓是以 bus 1 來估測。而 $I_P = I_1' + I_2'$

$$I_1' = \left[\frac{1}{2} e^{-\Gamma L_1} (V_1 + Z_C I_1) - \frac{1}{2} e^{\Gamma L_1} (V_1 - Z_C I_1) \right] / Z_C \quad (8)$$

$$I_2' = \left[\frac{1}{2} e^{-\Gamma L_2} (V_2 + Z_C I_2) - \frac{1}{2} e^{\Gamma L_2} (V_2 - Z_C I_2) \right] / Z_C \quad (9)$$

由此，可得到新的方程式：

$$V_x = \frac{1}{2} (V_R + Z_C I_R) e^{\Gamma x} + \frac{1}{2} (V_R - Z_C I_R) e^{-\Gamma x} \quad (10)$$

$$V_x = \frac{1}{2} e^{-\Gamma L_R} (V_{P_B1} + Z_C I_P) e^{\Gamma x} + \frac{1}{2} e^{\Gamma L_R} (V_{P_B1} - Z_C I_P) e^{-\Gamma x} \quad (11)$$

我們可發現，利用(10)和(11)，若故障發生在線段 L_R ，可產生一定位指標 D_1 介於 0~1。若故障發生在線段 L_1 ， D_1 介於 $1 \sim \frac{L_R + L_1}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_2 ， $D_1 = 1$ 。

但當若故障發生在線段 L_2 時，可知上(10)，(11)兩式會相等，只有在 p 點，故定位指標 $D_1 = 1$ 。

同理，若 p 點的電壓和電流，分別以舊的送電端 bus 2 來估測 p 點的電壓，再重複上述同樣的步驟，可得定位指標 D_2 。若故障發生在線段 L_R ， D_2 介於 0~1。若故障發生在線段 L_2 ， D_2 介於 $1 \sim \frac{L_R + L_2}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_1 ， $D_2 = 1$ 。

所以三端的線路，可產生兩個定位指標 D_1 和 D_2 ，其故障區間和故障位置的不同，此兩個定位指標會有一判別準則，製表如下：

- (1) $0 < D_1 < 1$ and $0 < D_2 < 1$: the fault occurs in L_R . Then, $D_1 = D_2$, and both of them are accurate fault locations.
- (2) $D_1 > 1$ and $D_2 = 1$: the fault occurs in L_1 and D_1 is the actual fault location away from bus R.
- (3) $D_1 = 1$ and $D_2 > 1$: the fault occurs in L_2 and D_2 is the actual fault location away from bus R.
- (4) $D_1 = 1$ and $D_2 = 1$: the fault occurs in point P.

B. 四端線路的故障定位：

我們一樣以受電端為邊界條件，來表示線路上的電壓和電流，另選線路上分歧點 P1 為新送電端的邊界條件，如圖 3，所以新的表示式：

$$V_x = \frac{1}{2} e^{-\Gamma L_R} (V_{P1} + Z_C I_{P1}) e^{\Gamma x} + \frac{1}{2} e^{\Gamma L_R} (V_{P1} - Z_C I_{P1}) e^{-\Gamma x} \quad (12)$$

而 P1 點的電壓和電流，分別以舊的送電端 bus 1, 2 and 3 來估測，bus 1 來估測 P1 點的電壓，再依三端法的邏輯和步驟，可得故障定位指標 D_1 。若故障發生在線段 L_R ，故障定位指標 D_1 介於 0~1。若故障發生在線段 L_1 ，故障定位指標 D_1 介於 $1 \sim \frac{L_R + L_1}{L_R}$ 。若故障發生在任一線段 L_{12}, L_2 ，或 L_3 上時，故障定位指標 $D_1 = 1$ 。

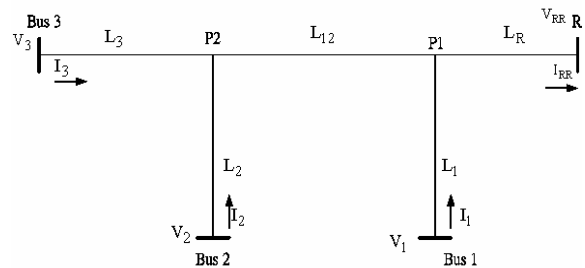


圖 3. 四端線路單線圖

再來討論若以 bus 2 來估測 p1 點的電壓，因為 bus 2 與 p1 點間，有另一分歧點 p2，無法直接估測，我們可先由 bus 2 估測 p2 點的電壓和電流，再以 p2 點來估測 p1 點的電壓，再重複三端法的故障定位法的步驟，可得故障定位指標 D_2 。若故障發生在線段 L_R ，故障定位指標 D_2 介於 0~1。若故障發生在線段 L_{12} ，故障定位指標 D_2 介於 $1 \sim \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_2 ，則故障定位指標

D_2 介於 $\frac{L_R + L_{12}}{L_R} \sim \frac{L_R + L_{12} + L_2}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_1 ，故障定位指標 $D_2=1$ 。若故障發生在線段 L_3 ， $D_2 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ 。

同理若以 bus 3 來估測 p1 點的電壓，因為 bus 3 與 p1 點間，有另一分岐點 p2，無法直接估測，我們可先由 bus 3 估測 p2 點的電壓和電流，再利用 KCL 電流定理得到分岐點匯出的電流，再重複同樣的步驟以 p2 點來估測 p1 點的電壓，再重複三端的步驟，可得故障定位指標 D_3 。若故障發生在線段 L_R 區段時，故障定位指標 D_3 介於 0~1。若故障發生在線段 L_{12} 區段時，故障定位指標 D_3 介於 $1 \sim \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_3 區段時，故障定位

指標 D_3 介於 $\frac{L_R + L_{12}}{L_R} \sim \frac{L_R + L_{12} + L_3}{L_R}$ 。若故障發生在線段 L_1 區段時，故障定位指標 $D_3=1$ 。若若故障發生在線段 L_2 區段時，故障定位指標 $D_3 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ 。

四端的線路，可產生三個故障定位指標 D_1 ， D_2 和 D_3 ，其故障區間和故障位置的不同，此三個定位指標會有一判別準則，製表如下：

- (1) $0 < D_1 < 1$ and $0 < D_2 < 1$ and $0 < D_3 < 1$: the fault occurs in L_R . Then, $D_1 = D_2 = D_3$ and all of them are accurate fault locations.
- (2) $D_1 > 1$ and $D_2 = 1$ and $D_3 = 1$: the fault occurs in L_1 and D_1 is the actual fault location away from bus R.
- (3) $D_2 > \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ and $D_1 = 1$ and $D_3 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$: the fault occurs in L_2 and D_2 is the actual fault location away from bus R.
- (4) $D_3 > \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ and $D_1 = 1$ and $D_2 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$: the fault occurs in L_3 and D_3 is the actual fault location away from bus R.
- (5) $1 < D_2 < \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ and $1 < D_3 < \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ and $D_1 = 1$, $D_2 = D_3$: the fault occurs in L_{12} and D_2 or D_3 is the actual fault location away from bus R.
- (6) $D_1 = 1$ and $D_2 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$ and $D_3 = \frac{L_R + L_{12}}{L_R}$: the fault occurs at point P2.

- (7) $D_1 = 1$ and $D_2 = 1$ and $D_3 = 1$: the fault occurs in point P1.

C. 多端(n)線路的故障定位：

我們可將結果，推廣至 $n+1$ 端(每一分岐點皆連有一 bus)如圖 4，我們可得到各 bus 的定位指標 $D_1, D_2, \dots, D_{(k-1)}, D_k, D_{(k+1)}, \dots, D_{(n-1)}, D_n$ 。依照故障發生在不同的線段，其有三種不同的結果。

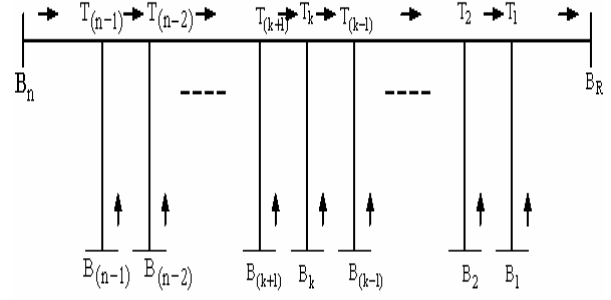


圖 4. 多(n)端線路單線圖

產生 n 個故障定位指標 $D_1, D_2, \dots, D_{(k-1)}, D_k, D_{(k+1)}, \dots, D_{(n-1)}, D_n$ ，其故障區間和故障位置的不同，此 n 個定位指標會有一判別準則，我們整理如下所述的規則：

Faulted branch identification logic:

1. Find $D_1, D_2, \dots, D_{(k-1)}, D_k, D_{(k+1)}, \dots, D_{(n-1)}, D_n$, fault location indexes.
2. find the biggest index
 - a. if $D_1 = D_2 = \dots = D_{(k-1)} = D_k = D_{(k+1)} = \dots = D_{(n-1)} = D_n = 1$, the faulted branch is L_R . fault index is fault location.
 - b. if the number of the biggest index is only one(D_k), the faulted branch is L_k . D_k is fault location.
 - c. if the number of the biggest indexes is not only one, $D_k = D_{(k+1)} = \dots = D_{(n-1)} = D_n$, the faulted branch is $L_{(k-1)k}$. D_k is fault location.

三、模擬結果評估

本章節為驗證本演算法，採用 EMTP/ATP 模擬器 [13]，以一五端線路來模擬，產生故障資料。

A. 模擬系統架構

本節中的模擬系統是一 345kV，60Hz 的輸電線系統。線路是轉置的超高壓輸電線，測試的線路為連接匯流排 R、1、2、3 和 4 的五端線路，分岐點有 P1、P2 和 P3，如下圖 5 所示，其中的電源和線路參數如表 1，該參數以在台灣的高架線路資料為基礎，由 EMTP 線路常數程式 [13] 取得的。採樣頻率是 1920Hz，即一週有 32 個採樣點。而基頻的電壓和電流相量是以全波的數位傅立葉轉換求得。

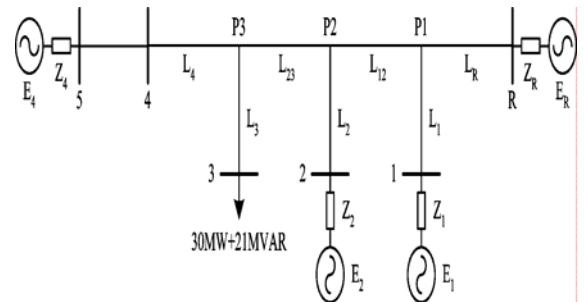


圖 5. 模擬例子-五端線路系統單線圖

表1. 模擬系統參數

Source	Source impedance	
$E_R = 1 \angle 0^\circ$	$Z_{R1} = 0.238 + j6.19\Omega$	$Z_{R0} = 0.833 + j5.12\Omega$
$E_1 = 1 \angle 5^\circ$	$Z_{11} = 0.42 + j5.95\Omega$	$Z_{10} = 1.785 + j7.54\Omega$
$E_2 = 1 \angle 15^\circ$	$Z_{21} = 0.155 + j5.95\Omega$	$Z_{20} = 1.786 + j7.58\Omega$
$E_4 = 1 \angle 20^\circ$	$Z_{41} = 0.238 + j5.72\Omega$	$Z_{40} = 2.738 + j10\Omega$
Every section length of transmission line (km):		
$L_R = 100$ $L_1 = 80$ $L_2 = 120$ $L_3 = 100$ $L_4 = 100$ $P1-P2 = 100$ $P2-P3 = 100$		
Bus 4-Bus 5=50		
Transmission line parameter:		
$R_l = 0.0058(\Omega/\text{km})$	$L_l = 0.6341(\text{mH}/\text{km})$	$C_l = 18.4(\text{nF}/\text{km})$
$R_0 = 0.1067(\Omega/\text{km})$	$L_0 = 2.2343(\text{mH}/\text{km})$	$C_0 = 8.7(\text{nF}/\text{km})$

B. 各線段故障模擬結果

本節假設各種不同的故障型式發生在不同的分歧線路，由本文提出的故障定位演算法和判別準則，驗證其故障定位是否正確。其故障定位演算法的誤差由下式所評估：

$$\text{Error}(\%) = \frac{|\text{estimated location} - \text{actual location}|}{\text{actual location}} \times 100 \quad (13)$$

由圖6可看出，當內部故障時，故障定位指標可立即收斂至一常數。如果發生一外部故障時，故障指標無法收斂，呈現是一不規則的亂數，因此可輕易判別出內、外部故障。

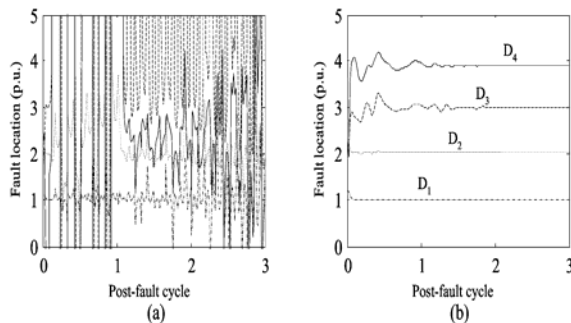


圖6. 外部故障和內部故障，故障定位指標故障後的曲線圖

由表2中，可驗證本文所發展出的演算法的正確性，共有8個不同的故障區間、不同的故障型式和故障電阻的例子被模擬，有些例子的故障電阻高達10000歐姆，本演算法仍然準確地指出故障區間和位置，其故障定位誤差只有0.364%。而且內部故障和外部故障亦可正確的判別。不受外部故障的干擾，亦證明該演算法的強健性。

C. 模擬結果統計分析

本文的故障模擬包含不同的故障型式、故障電阻、和故障入射角等不同的例子，由表3統計結果分析，可知本演算法不受故障型式、故障電阻、和故障入射角的影響，模擬結果有很高的準確度，平均誤差遠小於1%。而故障區間和內、外部故障的選擇完全正確無誤。

表2. 各線段故障模擬結果

Actual fault location		Fault type	Fault location indexes				Fault section selector		
Fault section	Fault point		D1	D2	D3	D4	fault section	fault location	fault location error %
Bus R - P1	20 km from P1 $D_1=D_2=D_3=D_4=0.8$	ACG $R_f=10k\Omega$	0.80364	0.80951	0.80184	0.80641	○	0.80364	0.364
Bus 1 - P1	70 km from P1 $D_1=1.7$	ABCG $R_f=1\Omega$	1.7002	1.0003	1.0001	1.0001	○	1.7002	0.02
Bus 2 - P2	110 km from P2 $D_2=3.1$	BCG $R_f=10\Omega$	0.99971	3.0986	2.0006	2.0005	○	3.0986	0.14
Bus 3 - P3	60 km from P3 $D_3=3.6$	ABS $R_f=50\Omega$	0.99926	2.0172	3.6021	2.9905	○	3.6021	0.21
Bus 4 - P3	90 km from P3 $D_3=3.9$	AG $R_f=100\Omega$	1.0002	2.0382	3.0007	3.9039	○	3.9039	0.39
P1 - P2	50 km from P1 $D_2=D_3=D_4=1.5$	CG $R_f=1k\Omega$	0.99986	1.4999	1.5	1.4993	○	1.4999	0.01
P2 - P3	30 km from P2 $D_3=D_4=2.3$	BG $R_f=500\Omega$	1.001	2.0078	2.2936	2.3014	○	2.2936	0.64
External fault	40 km from Bus 4	ABCG $R_f=100\Omega$	-	-	-	-	○	-	-

Symbol “-” represents an infinite value.

Symbol ○ Represents that the result of fault section selector is correct

四、結論

本計畫提出的多端故障定位演算法，針對多端線路的複雜性，成功的克服故障定位的困難。並發展出一適用各種多端線路的判別準則。由模擬中也印証本演算法的優越性。其適用不同的電源和負載，亦不受故障型式、故障電阻和故障入射角等的影響。其能正確地選擇故障區間。故障定位的誤差也遠小於1%。

表3. 模擬結果統計

Actual fault location		Total tested cases including different fault type, fault inception angle, and fault resistance	The correct number(%) of selected fault section	Average fault location error %
Fault section	Fault point (% length of the section)			
Bus R - P1	10% from P1	32	32 (100%)	0.20
	50% from P1	32	32 (100%)	0.18
	90% from P1	32	32 (100%)	0.24
Bus 1 - P1	10% from P1	32	32 (100%)	0.32
	50% from P1	32	32 (100%)	0.37
Bus 2 - P2	90% from P1	32	32 (100%)	0.24
	10% from P2	32	32 (100%)	0.64
	50% from P2	32	32 (100%)	0.36
Bus 3 - P3	90% from P2	32	32 (100%)	0.34
	10% from P3	32	32 (100%)	0.16
	50% from P3	32	32 (100%)	0.19
Bus 4 - P3	90% from P3	32	32 (100%)	0.30
	10% from P3	32	32 (100%)	0.25
	50% from P3	32	32 (100%)	0.13
P1 - P2	90% from P3	32	32 (100%)	0.22
	10% from P1	32	32 (100%)	0.36
	50% from P1	32	32 (100%)	0.28
P2 - P3	90% from P1	32	32 (100%)	0.49
	10% from P2	32	32 (100%)	0.38
	50% from P2	32	32 (100%)	0.63
External fault	90% from P2	32	32 (100%)	0.23
	10%, 90% from Bus 4	64	64 (100%)	-

Symbol “-” represents an infinite value (external fault).

五、成果自評

本計畫研究內容與原計畫書目標相符，並達成預期之目標。研究結果兼具實用及學術價值，未來應有應用於實際台電系統之潛力。而研究成果亦有可能應用至其它電力系統。

六、參考文獻

- [1] D. Novosel, D. G. Hart, E. Udren, and M. M. Saha, "Fault Location Using Digital Relay Data", *IEEE Computer Applications in Power*, July 1995, pp. 45-50.
- [2] L. Eriksson, M. M. Saha, and G. D. Rockefeller, "An Accurate Fault Locator with Compensation for Apparent Reactance in the Fault Resistance Resulting from Remote-End Infeed", *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-104, No. 2, February 1985, pp. 424-436.
- [3] A. O. Ibe and B. J. Cory, "A Traveling Wave Based Fault Locator for Two- and Three-Terminal Networks", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 1, No. 2, April 1986, pp. 283-288.
- [4] M. Kezunovic, and B. Perunicic, "An Accurate Fault Location Algorithm Using Synchronized Sampling", *Electric Power Systems Research Journal*, Vol. 29, No. 3, May 1994, pp. 161-169.
- [5] A. A. Girgis, D. G. Hart, and W. L. Peterson, "A New Fault Location Technique for Two- and Three-Terminal Lines", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 7, No. 1, July 1992, pp. 98-107.
- [6] R. K. Aggarwal, D. V. Doury, A. T. Johns, and A. Kalam, "A Practical Approach to Accurate Fault Location on Extra High Voltage Teed Feeders", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 8, No. 3, July 1993, pp. 874-883.
- [7] D. Novosel, D. G. Hart, E. Udren, and J. Garitty, "Unsynchronized Two-Terminal Fault Location Estimation", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 11, No. 1, January 1996, pp. 130-138.
- [8] Masayuki Abe, Nobuo Otsuzuki, Tokuo Emura, and Masayasu Takeuchi, "development of a new fault location system for multi-terminal single transmission lines", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 10, No. 1, January 1995, pp. 159-168.
- [9] T. Nagasawa, M. Abe, N. Otsuzuki, T. Emura, Y. Jikihara, and M. Takeuchi, "development of a new fault location algorithm for multi-terminal two parallel transmission lines", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 7, No. 3, July 1992, pp. 1516-1532.
- [10] J.-A. Jiang, J.-Z. Yang, Y.-H. Lin, C.-W. Liu, and J.-C. Ma, "An Adaptive PMU Based Fault Detection/Location Technique for Transmission Lines, Part I: Theory and Algorithms", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 15, No. 2, April 2000, pp. 486-493.
- [11] J.-A. Jiang, Y.-H. Lin, J.-Z. Yang, T.-M. Too, C.-W. Liu, "An Adaptive PMU Based Fault Detection/Location Technique for Transmission Lines, Part II: PMU Implementation and Performance Evaluation", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 15, No. 4, October 2000, pp. 1136-1146.
- [12] Ching-Shan Chen, and Chih-Wen Liu "Fast and Accurate Fault Detection/Location Algorithms for Double-Circuit/Three-Terminal Lines Using Phasor Measurement Units", *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, Vol.26, No.3, pp.289-299, 2003.
- [13] "Alternative Transient Program Rule Book", European EMTP Center, Leuven, Belgium, 1987.

出席國際會議心得

一、基本資料

姓名	中文: 李建鋒 英文: Chien-Feng Lee	院系所別	電資學院 電機工程學研究所
學號	F93921018	研究指導	劉志文教授
會議名稱	中文: 高等電力系統自動化與保護國際研討會		
	英文: 2007 International Conference on Advanced Power System Automation and Protection		
會議時間	自 2007 年 4 月 24 日 至 2007 年 4 月 27 日	會議地點	Jeju, Korea
論文題目	中文: 基於 Simulink 之新型測距及差流電驛建模		
	英文: A Novel Simulink Based Distance and Differential Relay Modeling		

二、參加會議經過

今年(2007 年)的 Advanced Power System Automation and Protection(APAP)在南韓濟州島(Jeju)舉辦。此次研討會涵蓋的主題包括電力系統自動化與保護領域方面的研究：如電力系統保護與控制、輸電系統保護與控制、配電網路保護與控制、變電所及配電自動化、廣域保護、保護電驛演算法、彈性交流輸電系統、鐵道系統、IEC 61850 標準通訊協定、分散式電源、電力系統建模及模擬…等等，世界各地的學者在此齊聚一堂，會期由 4 月 24 日 至 4 月 27 日共四天。除了 Oral Session 與 Poster Session 外，尚有 Keynote Speech、Panel Session 與 Industry Special Session。

依整體會議行程，將參加經過分述如下：

第一天(4 月 25 日)：

和同行教授於 4 月 25 日下午抵達會議地點－濟州島華美達飯店(Ramada Plaza Jeju Hotel)，在放好隨身行李後，隨即前往會場完成報到手續並領取相關證件、會議資料與論文集。先是與展覽廠商(加拿大 RTDS 技術公司)有技術與市場上的互動，了解該廠商所開發之產品－RTDS(Real Time Digital Simulator)最新發展的現況。也在其中遇見以前同實驗室畢業，目前正在大學任教的兩位學長，並聆聽學長在學術研究上的建議與協助，實是獲益良多。隨後也進入聆聽下午在第一會場(Ramada Ballroom I)開始的 Oral Session，學長也在該議程中上台發表論文。在近兩個半小時的報告中，比較印象深刻的主題是兩篇與廣域保護(Wide Area Protection)相關議題的論文。

第二天(4 月 26 日)：

第二天早上享用完飯店準備的精緻早餐後，也抽空走出飯店，遠眺湛藍無際的海天一色美景，也順手拍下一系列的照片留念。早上的 Oral Session 在第二會場(Ramada Ballroom II)登場，主要研究主題為 IEC 61850 變電所標準通訊協定，由於其具有整合性、互通性、易擴

充、易規劃等優點，目前也為各大廠如 ABB、SIEMENS、AREVA、GE、SEL、TOSHIBA 等公司產品支援此標準。

下午，進行以壁報張貼方式(Poster)發表所投稿的論文—A Novel Simulink Based Distance and Differential Relay Modeling (基於 Simulink 之新型測距及差流電驛建模)，也和幾位對本研究論文有興趣的外國研究生有互動與交流。並也利用空檔時間與另一組南韓研究生討論與自己研究領域較相關的主題—Development of an IEC 61850-based Distance IED，令我注目的是在於該研究室已整合演算法與硬體，藉由網路通信技術將系統與符合 IEC 61850 規範的智慧型電子元件(Intelligent Electronic Device, IED)或相關設備整合在一起，並在演算法中提出改善電驛主保護(Main Protection)與後衛保護(Backup Protection)間的適應性調整。

接著，產業交流演講(Industry Special Session)中，由參展的廠商提到目前業界實際運作狀況，不僅在演說中介紹所研發產品的性能，也導論出新的概念與思維。

晚宴(Banquet)也是這次大會的重頭戲：舞台上表演著韓國傳統的音樂與舞蹈，將韓國傳統色彩表現的淋漓盡致，並且在大會 Conference Chair 致詞中為晚宴揭開序幕。來自各國的教授、研究生、研究員齊聚一堂，映入眼簾的盡是一盤盤精心製做的佳餚美食，在席間也滿了彼此的交流與互動，並且台上也開放有感而發的討論與演說。在晚宴結束後，幾位善於彈奏鋼琴的學者，竟也隨性彈奏起耳熟能響的國際知名樂曲，而圍繞在四周的人員，或哼唱、或手足舞蹈，當下熱鬧的景況彷彿不夜城一般。

第三天(4 月 27 日)

第三天早上的 Oral Session 在第一會場舉行，是由同行的教授擔任主持人(Chair)。主要為測距電驛演算法相關的論文發表，特別是在故障定位(Fault Location)，中國大陸與南韓在這方面的發表佔大多數。將近三個小時的演說，整個研討會也於當地中午約 12 點正式落幕，劃下完美的句點。

在會議後旅遊(Conference Tour)過程中，主辦大會也規劃帶我們認識有『南韓夏威夷』之稱並為南韓最大島嶼—濟州島上的風光。其行程有 Sangumburi Crater、Jeju Folk Village Museum(南韓電視《大長今》在此取景拍攝)及 Seongsan Ilchulbong。除了帶我們認識濟州島上當地獨特的自然文化景觀和樸實的風俗民情外，更與多位在會議上認識的朋友在途中有甜美的交談，也彼此留下名片及聯絡資料。並在旅遊結束時，前往濟州島國際機場(Jeju Int'l Airport)搭機返國。

三、與會心得

此次出國參加 APAP2007 會議，讓學生感受到國際研討會的重要性與魅力，並也在與會的學者、研究生踴躍的互動中看見值得學習的地方，對於國際觀在深度、廣度的視野上也有強烈的衝擊，也突顯自己本身需要再加強並充實的弱點；另外，也藉著與同行的教授有更多時間的交談，了解學術研究的態度與方法。雖然這次是以 Poster 方式發表，但也在主動幫助其他外國研究生張貼海報的過程中，與他們有令人難忘的互動，並且學習先向別人敞開，就能拉近人與人之間的距離。並在報告的過程中，也學習將所想要表達的資訊用所能掌握的方式發表出來，算是相當特別的經歷。惟，至終也必須自己放膽在台上將自己研究的成果，用

國際通用的語言與大家分享，畢竟，在國際場合上用英文演說，是一個博士班學生所必須經歷的學習與過程。因此，一面，了解到自己在英文上聽與說方面的不足，另一面，也需要充實英文聽與說的部分。期待在下次參加的國際研討會中實現自己的目標與理想。

此外，此次與會最重要的收穫了解到：不僅需要在所學的領域中有突破性發展的理論，更是將其應用在實際，如此才能對於未來人類的生活品質、安全有直接的貢獻，深信，這需要政府與學術單位一同努力的目標。

四、建議

建議校方多舉辦國際研討會，如此對學校之聲譽、國際地位及學生國際視野均有正面幫助。

五、攜回資料名稱及內容

- ▶ 研討會論文集(含光碟)
- ▶ 參展廠商產品型錄

六、其他

此次參加在南韓濟州島舉辦的 APAP 2007 學術會議，承蒙國家科學委員會在出國經費上的補助，僅此誌謝。