

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

應用斜向型小波轉換於高阻抗接地故障偵測之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-168-013-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：崑山科技大學電機工程系

計畫主持人：謝承道

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 9 月 7 日

應用斜向型小波轉換於高阻抗接地故障偵測之研究

計畫編號：NSC 92-2213-E-168-013

執行期間：2003/08/01~2004/07/31

主持人：謝承道 崑山科技大學電機系

一、中文摘要（關鍵詞：斜向型小波轉換、高阻抗接地故障、時-頻定位。）

本計畫應用斜向型小波轉換探討高阻抗接地故障所產生之信號。由於小波轉換具有時頻定位能力，因此可將訊號中時域及頻域之相關資訊同時展現。本計畫所採行之小波函數為斜向型小波轉換法，此法不僅具有正交之特性，且擁有分段線性之能力，因此有助於計算效能之提升及偵測可靠度之提高。本計畫將此方法應用在不同之測試環境，測試結果協助證實此方法於工業應用之可行性。

英文摘要(Keywords: slant transform, high-impedance fault, time-frequency localization.)

In this study, an application of Slantlet transform is applied for the investigation of high-impedance fault-generated signals is proposed. With the capability of time-frequency localization of wavelets, the time and frequency information can be simultaneously presented. Different from the existent wavelet transform method, the wavelet basis function adopted in this project is slantlet transform that not only owns the orthogonality feature, but also comes with the piecewise polynomial characteristics. Therefore, the computation performance can be better assured, while the localization accuracy of high-impedance fault can be improved. This proposed approach has been tested under various scenarios. Test results support the feasibility of this novel approach for the industry power application.

二、計畫緣由與目的

高阻抗接地故障為一種不易偵測之故障，一般常發生於架空線斷裂，掉落至具有高阻抗值之地面時。當發生此種故障時，因高阻抗之故導致電流值受限，遂使得過電流電驛不易偵測，但該充滿能量之高壓導體卻極可能會傷及人身安全。除此之外，由於電弧現象亦常伴隨產生，因此可能進一步造成火警。換言之，不論就公共安全或是運轉可靠度觀點而言，偵測高阻抗接地故障，均已是十分重要之課題[1-2]。

而近年來亦已有許多相關學術機構投入高阻抗接地故障偵測之研究，其中最常見之方法為調整過電流保護裝置。由於高阻抗接地故障與其他事件所產生之電流大小並無明顯之差別，因此如未輔以審慎之設計，將仍可能有意料外之電力誤動作發生[3]。而另一種接地電驛目前亦被發展來偵測不正常之接地電流，然而在極度不平衡負載或多接地系統中，此種電驛之可靠度並不高[4]。此外，數種諧波電流之分析研究亦被提出，其中包括三次諧波法[5]、高頻法[6]、次諧波電流法[7]、以及偶次諧波功率法等[8]。

今若由訊號處理之觀點來探討，則高阻抗接地故障所產生之訊號應屬時變訊號，因此對於非靜態訊號而言，一個突然的訊號變化，將會擴展至整個頻譜[9-10]。而就此種情況而言，採行傅立葉轉換將不適合分析該類動態訊號，因此亟需一種適合分析動態訊號之方法。相較於傅立葉轉換，小波理論則架構了另一種訊號分析之模式，它可經由一個視窗函數之應用，達成頻率及時間之同時定位及觀測。對於高頻成分，具有較短之視窗，而對於低頻成分，則具有較長之視窗。拜賜於此種特性，因此可更精確地觀測動態訊號之暫態行為。除此之外，由於訊號之時-頻資訊可同時由小波轉換掌握，在故障偵測及鑑別之效能，更受肯定。

因此本計畫即提出應用斜向型小波轉換於高阻抗接地故障之偵測，至於此斜向型小波之優點，概述如下：

- (1) 斜向型小波之濾波器組具有正交特性，因此能快速計算出分析結果。
- (2) 所有濾波器組之係數具有分段線性(Piecewise Linear)之特性，可簡化計算之複雜度。
- (3) 本方法具有更好之時間定位特性，因此能更精確地判斷故障發生之時間。

本報告之內容大綱概述如下。第二節介紹小波理論之數學建模，同時探討斜向型小波轉換之數學程式，第三節說明偵測流程，第四節討論各種測試情形下之計算結果，第五節為結論。

三、研究方法

1. 小波理論

因小波理論之發展，近年來其已提供了一個十

分有用之分析訊號的數學工具[11]。它包含了一個低通濾波器 $h[n]$ 及一個高通濾波器 $g[n]$ ，可將原始訊號 $c_0[n]$ 分別分解成訊號 $c_1[n]$ 與訊號 $d_1[n]$ 。訊號 $c_1[n]$ 是由 $c_0[n]$ 與 $h[n]$ 摺積，再經 2 倍之降階取樣(down sampling)所得。而訊號 $d_1[n]$ 則續由 $c_0[n]$ 與 $g[n]$ 摺積，再經 2 倍之降階取樣所得。因此，訊號 $c_1[n]$ 包含原訊號 $c_0[n]$ 之低頻成分，而訊號 $d_1[n]$ 則包含 $c_0[n]$ 之高頻成分。訊號 $c_0[n]$ 、 $c_1[n]$ 與 $d_1[n]$ 之關係可用數學式表示如下：

$$c_1[k] = \sum_n h[n-2k] c_0[n] \quad (1)$$

$$d_1[k] = \sum_n g[n-2k] c_0[n] \quad (2)$$

以上兩式為一階小波分解，經由再分解訊號 $c_0[n]$ ，可將之推廣至 n -階分解。圖 1 所示為二階分解。雖然較高階數之分解可獲得較高之頻率解析度，但也相對地需要更多計算時間。

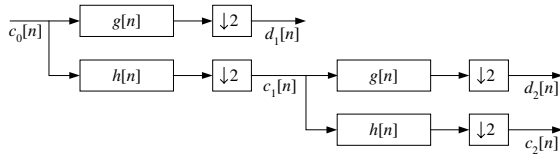


圖 1. 二階小波分解

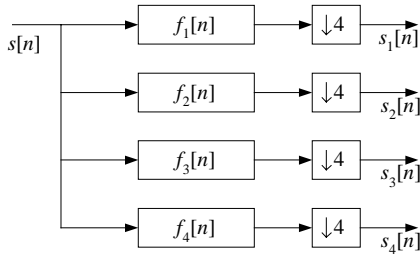


圖 2. 等效之二階分解

依圖 1 之二階小波分解，可經由交換 $c_1[n]$ 右側濾波器與 $c_1[n]$ 左側降階取樣之運算順序，再將相鄰之兩濾波器合併成一個新的濾波器；而相鄰之兩個降階取樣 2 倍之運算，則可合併成一個降階取樣 4 倍之運算，其結果繪於圖 2，此可視為等效之二階分解，而新濾波器與原濾波器之 Z 轉換關係如下：

$$F_1(z) = H(z)H(z^2) \quad (3)$$

$$F_2(z) = H(z)G(z^2) \quad (4)$$

$$F_3(z) = G(z) \quad (5)$$

$$F_4(z) = z^{-2}G(z) \quad (6)$$

2 斜向型小波轉換 (Slantlet Transform)

斜向型小波轉換與圖 2 之離散小波轉換具有相同之頻譜分解結構。其濾波器組之係數為分段線性，其中濾波器 $f_1[n]$ 與 $f_2[n]$ 有以下三個關係 [12]：

(1) $f_1[n]$ 與 $f_2[n]$ 為歸一化之序列。

$$\sum_n (f_1[n])^2 = 1 \quad (7)$$

$$\sum_n (f_2[n])^2 = 1 \quad (8)$$

(2) $f_1[n]$ 與 $f_2[n]$ 相互正交，並與其平移序列 $f_1[n+2^i]$ 及 $f_2[n+2^i]$ 亦互為正交，其中 i 為小波轉換之階數，而因本計畫採用二階小波轉換，因此， $f_1[n]$ 、 $f_2[n]$ 與 $f_1[n+4]$ 、 $f_2[n+4]$ 相互之間亦呈現正交之關係。

$$\sum_n f_1[n]f_1[n+4] = 0 \quad (9)$$

$$\sum_n f_2[n]f_2[n+4] = 0 \quad (10)$$

$$\sum_n f_1[n]f_2[n] = 0 \quad (11)$$

$$\sum_n f_1[n]f_2[n+4] = 0 \quad (12)$$

(3) $f_2[n]$ 具有二重零動量(Zero Moments)。

$$\sum_n f_2[n] = 0 \quad (13)$$

$$\sum_n n f_2[n] = 0 \quad (14)$$

至於濾波器 $f_3[n]$ 具有以下三個個性：

(1) $f_3[n]$ 亦為歸一化之序列：

$$\sum_n (f_3[n])^2 = 1 \quad (15)$$

(2) $f_3[n]$ 正交於其本身之平移序列 $f_3[2^i - 1 - n]$ ，如前所述 i 代表小波轉換之階數 ($i = 2$)，因此， $f_3[n]$ 正交於 $f_3[3 - n]$ ，即

$$\sum_n f_3[n]f_3[3 - n] = 0 \quad (16)$$

(3) $f_3[n]$ 亦具有二重零動量。

$$\sum_n f_3[n] = 0 \quad (17)$$

$$\sum_n n f_3[n] = 0 \quad (18)$$

上述之訊號歸一化與正交之特性，將可簡化計算過程，提升運算效率，達到更迅速之故障偵測；而二重零動量之特性，則代表訊號無直流成分，以及其隨時間衰減之特性，換言之，二重零動量亦確保該濾波器之時域定位能力，可提升故障偵測之精確性。

此外，濾波器 $f_3[n]$ 與 $f_4[n]$ 間之 Z 轉換關係為 $F_4(z) = z^{-3}F_3(1/z)$ ，其中 z^{-3} 代表負平移 3 個取樣點，而 $1/z$ 則意味著訊號時域之反轉，因此此兩濾波器於時域之關係如下：

$$f_4[n] = f_3[-n+3] \quad (19)$$

由以上之方程式，即可推算出斜向型小波轉換濾波器組之係數，本報告將此組係數列於表 1。與一般 Daubechies D2 小波係數長度相較斜向型小波之係數較快衰減至零，且因其時間解析度為 8 個取樣點，而 D2 小波之時間解析度為 10 個取樣點，因此斜向型小波轉換可掌握較佳之時域定位。而由於其係數具有分段線性之特性，且其函數圖形為斜直線圖形，即被稱為斜向型小波轉換(slantlet transform)。

表 1. 斜向型小波轉換係數

n	0	1	2	3	4	5	6	7
$f_1[n]$	$\frac{1}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{3}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{5}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{7}{16} + \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{7}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{5}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{3}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}$	$\frac{1}{16} - \frac{\sqrt{11}}{16}$
$f_2[n]$	$\frac{7\sqrt{5}}{80} - \frac{3\sqrt{55}}{80}$	$-\frac{\sqrt{5}}{80} - \frac{\sqrt{55}}{80}$	$-\frac{9\sqrt{5}}{80} + \frac{\sqrt{55}}{80}$	$-\frac{17\sqrt{5}}{80} + \frac{3\sqrt{55}}{80}$	$\frac{17\sqrt{5}}{80} + \frac{3\sqrt{55}}{80}$	$\frac{9\sqrt{5}}{80} + \frac{\sqrt{55}}{80}$	$\frac{\sqrt{5}}{80} - \frac{\sqrt{55}}{80}$	$-\frac{7\sqrt{5}}{80} - \frac{3\sqrt{55}}{80}$
$f_3[n]$	$-\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}$	$\frac{3\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}$	$-\frac{3\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}$	$\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}$				
$f_4[n]$	$\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}$	$-\frac{3\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}$	$\frac{3\sqrt{10}}{20} + \frac{\sqrt{2}}{4}$	$-\frac{\sqrt{10}}{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}$				

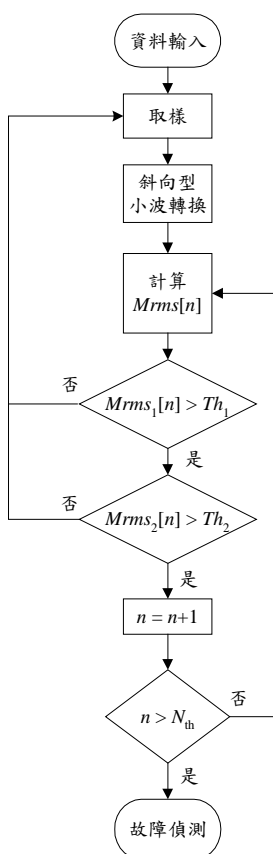


圖 3. 偵測流程

3. 偵測流程

圖 3 為本計畫所提方法之流程圖，其中 $Mrms[n]$ 為第 n 個取樣點至第 $(n-N+1)$ 個取樣點之均方根值， N 為一個週期之取樣數。 Th_1 與 Th_2 為 $Mrms$ 門檻， N_{th} 為持續時間之門檻。訊號 $s[n]$ 之均方根值 $Mrms[n]$ 可計算如下：

$$Mrms[n] = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{N-1} s[n-i]^2}{N}} \quad (20)$$

如圖 3 所示，在執行斜向型小波轉換分析之前，需先對訊號進行取樣。本計畫中所採用之取樣頻率為 6 kHz，這對於分析高阻抗接地故障之訊號而言已經足夠，而取樣點 $N = 100$ 。經過取樣後之訊號，再配合斜向型小波轉之濾波器組係數，可分解成 4 個訊號。又因為高阻抗接地故障之訊號具有兩項特性，故我們選擇前兩個訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 作為判斷之依據。第一個特性為發生高阻抗接地故障之

後，電流之大小常會有輕微之增加。另一項特性為電流波形較為不平滑以及不穩定。由於故障電流波形具有此兩種特性，因此，包含低頻成分及高頻成分之訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 在經過分析處理之後，方用於高阻抗接地故障之偵測。(20) 式可用來計算訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 之 $Mrms$ 值，再經由 $Mrms$ 及持續時間之門檻來偵測高阻抗接地故障。在此偵測程序中，第一 $Mrms$ 門檻 Th_1 設定為 2 p.u.；第二 $Mrms$ 門檻 Th_2 設定為 0.05 p.u.；持續時間之門檻 N_{th} 設定為 1000 取樣點。這些設定值依不同實際情況，會有不同之設定。相關工作人員應依其所記錄之電流波形作適當之設定。

四、研究成果

如前所述，由於高阻抗接地故障時之電流大小與一般正常負載電流值相差不多，因此，無法簡單地以過電流保護器偵測出來。所以本計畫即將所提之方法應用於各種不同狀況下之高阻抗接地故障之鑑別。測試一為高阻抗接地故障與包含電弧爐特殊負載之開關事件，測試二包含了水泥地、濕土地以及草地等各種不同地面之驗證。測試中之量測儀器係安裝在變電站中，並可同步紀錄三相電壓及電流波形。所有三相電壓、電流以及不平衡之零序電流均被記錄器量測及記錄至資料儲存器。在本測試中，各項資料之取樣率為每秒 6000 取樣點。分析軟體為 C 語言所撰寫，並於 Pentium 4-1.5 GHz 之電腦上執行。

測試一

(a) 高阻抗接地故障

圖 4(a) 所示為高阻抗接地故障之電流波形，此測試狀況為水泥地面，天氣為晴天，氣溫約為 32°C。在此圖中，橫軸為時間軸，單位為取樣點；縱軸為故障電流之大小，單位為 p.u.。由斜向型小波轉換所得之訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ ，則繪於圖 4(b) 與 4(c)，分別包含了原訊號之低頻與高頻成分。 $Mrms_1[n]$ 與 $Mrms_2[n]$ 是由 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 經式 (20) 計算而得，分別繪於圖 4(d) 與 4(e)。在圖 4(d) 中，在第 110 取樣點附近，可知 $Mrms_1[n]$ 已超過 Th_1 (2 p.u.)。另在圖 4(e) 中， $Mrms_2[n]$ 在第 100 取樣點附近迅速增加，且亦大於 Th_2 (0.05 p.u.)。換言之，本

測試中之 $Mrms_1[n]$ 與 $Mrms_2[n]$ 除了已超過設定之門檻，並持續一段夠長之時間，因此可判定為高阻抗接地故障。

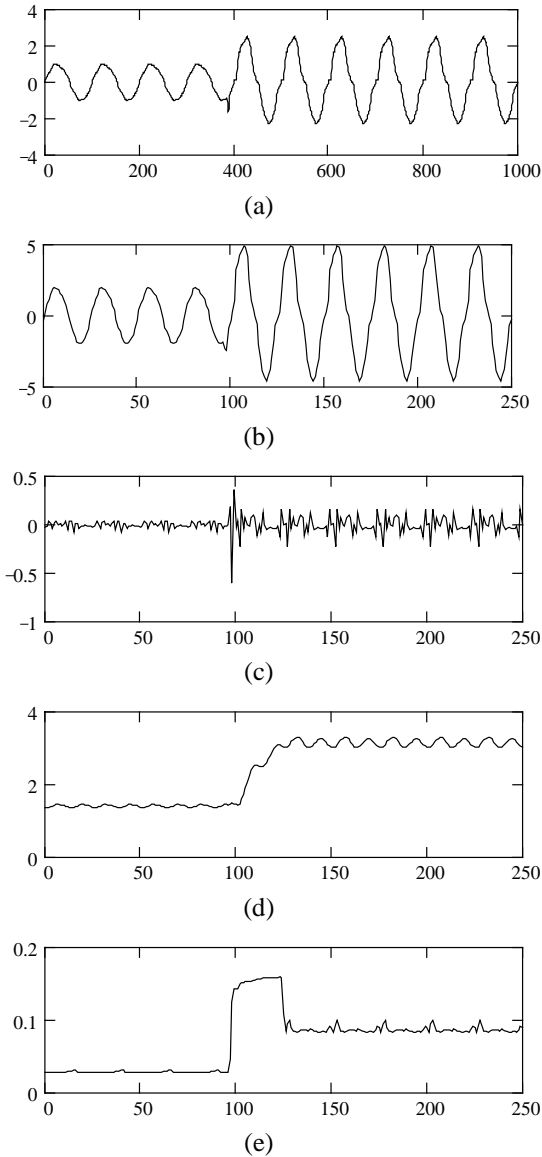


圖 4 高阻抗接地故障

(a) 電流波形 (b) $s_1[n]$. (c) $s_2[n]$.

(d) $Mrms_1[n]$. (e) $Mrms_2[n]$.

(b) 開關事件 (Switching Events)

在正常系統運作下，電弧爐或是其他暫態現象之開關事件，均可能導致電流波形之畸變，因此必須將此種狀況與故障狀況清楚分辨。

圖 5(a)為某 35% 負載之電弧爐與系統連接後之電流波形。在第 10 取樣點附近，可明顯觀察到一個劇烈變化。而其斜向型小波轉換訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 則繪於圖 5(b)與 5(c)，且訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ 之均方根值分別標示於圖 5(d)與 5(e)。由圖 5(d)可知， $Mrms_1[n]$ 於全部之時間區間均未超過 2 p.u.。另在圖 5(e)中，雖然 $Mrms_2[n]$ 於某些時間區間超過 0.05 p.u.之門檻，但並未持續超過 1000 個取樣點。因此，本方法並未將其誤判為高阻抗接地故障。

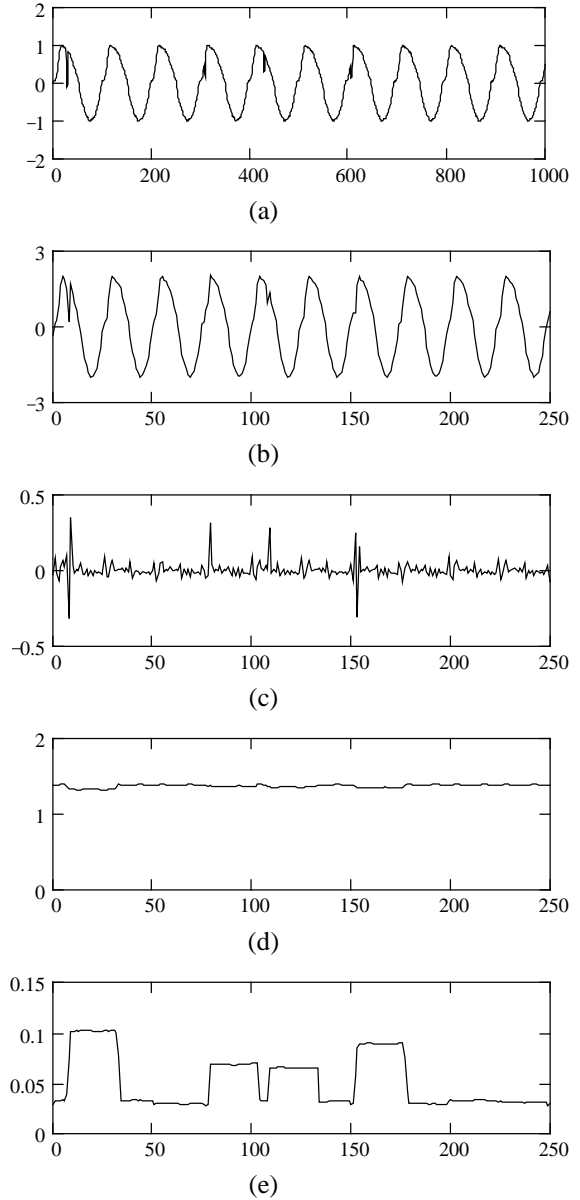


圖 5 開關事件

(a) 電流波形 (b) $s_1[n]$. (c) $s_2[n]$.

(d) $Mrms_1[n]$. (e) $Mrms_2[n]$.

測試二

本測試係將所提方法驗證於不同地面之高阻抗接地故障，其中包括水泥地、濕地以及草地。所有測試情形均為單線接地故障。

(a) 水泥地

此測試執行於水泥地。電流波形如圖 6(a)所繪，於時間參考點($n = 0$)為高阻抗接地故障發生之時間。在本測試中，由於水泥地之阻抗甚高，因此在時間 $n = 0$ 之後，電流大小並沒有大幅增加，故若以過電流電驛，可能無法偵測出此一故障。

圖 6(b)與 6(c)顯示經由斜向型小波轉換後之訊號 $s_1[n]$ 與 $s_2[n]$ ；圖 6(d)與 6(e)則為訊號 $Mrms_1[n]$ 與 $Mrms_2[n]$ 。在圖 6(d)中，經由 $s_1[n]$ 計算而得之 $Mrms_1[n]$ 於第 20 取樣點之後超過 2p.u. (Th_1)。在圖

6(e)中，訊號 $Mrms_2[n]$ 亦在第 20 取樣點超過 0.05 p.u. (Th_2)。兩者皆超過其門檻，並持續夠長之時間，因此，可以判斷為一高阻抗接地故障。

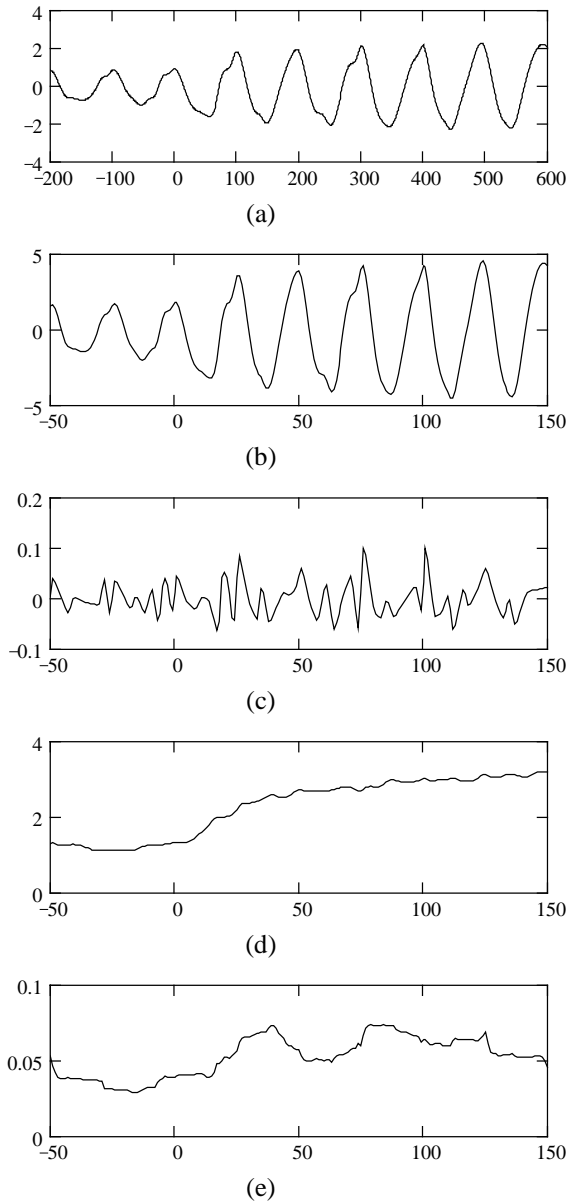


圖 6 水泥地之高阻抗接地故障

(a) 電流波形 (b) $s_1[n]$. (c) $s_2[n]$.
(d) $Mrms_1[n]$. (e) $Mrms_2[n]$.

(b) 濕土地

在本測試中，地面狀況為濕土地。圖 7(a)為故障電流波形。由於濕泥地之電阻較小，因此故障電流大小甚至可以達到幾近 4 p.u. 之值。

圖 7(b)與 7(c)所示為由斜向型小波轉換所輸出之訊號。而訊號 $Mrms_1[n]$ 與 $Mrms_2[n]$ 則顯示於圖 7(d)與 7(e)。在此兩圖中，兩個訊號皆超過設定之門檻，並持續夠長之時間，因此可確認高阻抗故障事件之發生。

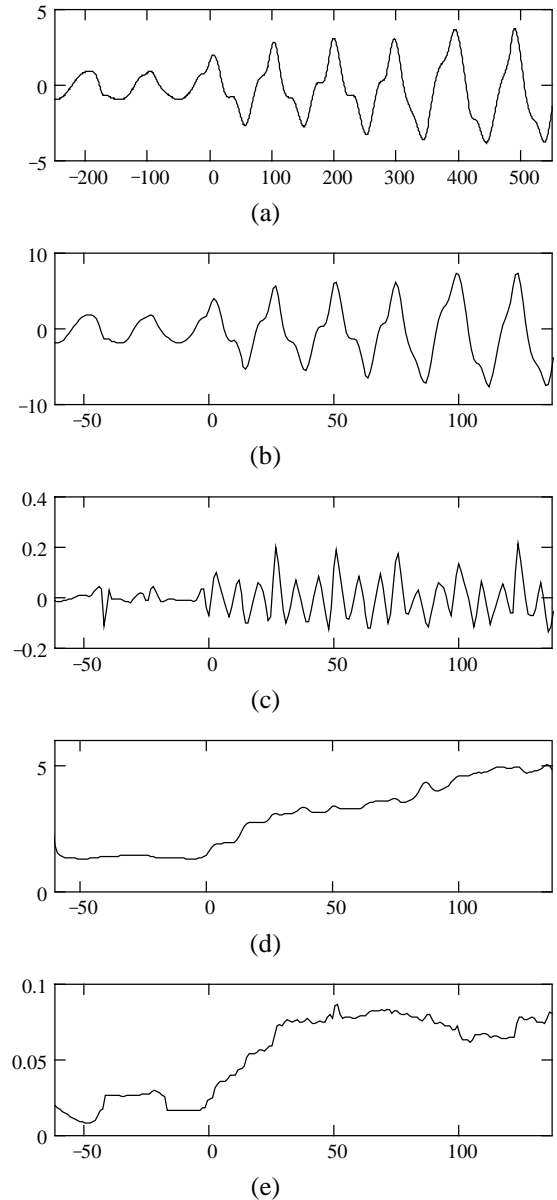


圖 7 濕土地之高阻抗接地故障

(a) 電流波形 (b) $s_1[n]$. (c) $s_2[n]$.
(d) $Mrms_1[n]$. (e) $Mrms_2[n]$.

(c) 草地

在本測試中，我們使用草地作為測試地面。圖 8(a)所繪之曲線為測試中所記錄下來之故障電流波形。由圖中可看出，電流之大小略小於濕泥地之故障電流，因此，如僅憑傳統之過電流電驛，可能依然無法動作。

至於經由斜向型小波轉換所得之測試結果，即顯示於圖 8(b)-8(e)，在圖 8(e)中可以觀察到，於 $n = 0$ 時，曲線突然上升，由於 $s_2[n]$ 為原訊號之高頻成分，因此能快速反應故障之發生。至於 $s_1[n]$ 則為低頻成分，因此在圖 8(d)中，則可見其上升得較為平緩，但仍超過設定之門檻 Th_1 。除此之外，兩訊號之持續時間均已超過設定之 1000 個取樣點，因此可鑑別出高阻抗接地故障事件之發生。

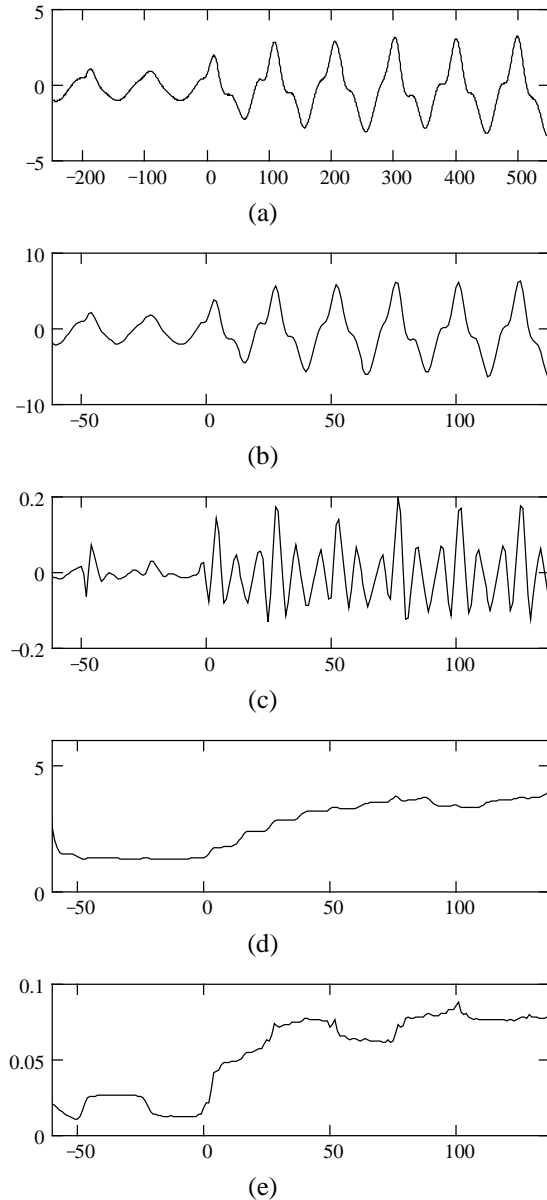


圖 8 草地之高阻抗接地故障
 (a) 電流波形 (b) $s_1[n]$. (c) $s_2[n]$.
 (d) $Mrms_1[n]$. (e) $Mrms_2[n]$.

五、結論與討論

本計畫提出應用斜向型小波轉換於高阻抗接地故障之偵測。此方法具有同時顯示時-頻特性之能力，因此較傳統傅立葉轉換更適合於分析非靜態訊號。而斜向型之小波具有更好之時域定位能力，且其計算效能亦較其他方法佳，因此能更準確快速偵測出高阻抗接地故障。測試結果顯示此斜向型小波轉換方法可正確地偵測出各種不同狀況之高阻抗接地故障，未來如將此方法予以硬體實現，應將更有助於國內電力品質之提升，且可提供相關電力品質工程人員參考改進之需。

六、參考文獻

- [1] Z. M. Radojevic, V. V. Terzija and M. B. Djuric, "Numerical Algorithm for Overhead Lines Arcing Faults Detection and Distance and Directional Protection", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 1, January 2000, pp. 31-37.
- [2] E. Senger, W. Kaiser, J. Santos, P. Burt and C. Malagodi, "Broken Conductors Protection System Using Carrier Communication", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 2, April 2000, pp. 525-530.
- [3] "Detection of Downed Conductors on Utility Distribution Systems", IEEE Tutorial Course, 90EH0310-3-PWR, 1989.
- [4] R. E. Lee and M. T. Bishop, "A Comparison of Measured High Impedance Fault Data to Digital Computer Modeling Results", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-104, No. 10, October 1985, pp. 2754-2758.
- [5] Hughes Aircraft Company, "High Impedance Fault Detection using third Harmonic Currents", EPRI research project report, EL-2430, June 1982.
- [6] B. M. Aucoin and B. D. Russell, "Distribution High Impedance Fault Detection utilizing High Frequency Current Components", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, No. 6, June 1982, pp. 1596-1606.
- [7] B. D. Russell, K. Mehta and R. P. Chinchali, "An Arcing Fault Detection Technique using Low Frequency Current Components-Performance Evaluation using Recorded Field Data", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3, No. 4, October 1988, pp. 1493-1500.
- [8] W. H. Kwon, G. W. Lee, Y. M. Park, M. C. Yoon and M. H. Yoo, "High Impedance Fault Detection Utilizing Incremental Variance of Normalized Even Order Harmonic Power", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 2, April 1991, pp. 557-564.
- [9] A. A. Girgis, W. Chang and E. B. Makram, "Analysis of High-Impedance Fault Generated Signals using A Kalman Filtering Approach", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 5, No. 4, November 1990, pp. 1714-1724.
- [10] O. Rioul and M. Vetterli, "Wavelets and Signal Processing", IEEE Signal Processing Magazine, October 1991, pp. 14-38.
- [11] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelets and Filter Banks*, Wesley-Cambridge Press, Boston, USA, 1996.
- [12] I. W. Selesnick, "The Slantlet Transform", IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 47, No. 5, May 1999, pp. 1304-1313.

計畫成果自評

由於高阻抗接地故障時之電流大小與一般正常負載電流值相差不多，因此，無法簡單地以過電流保護器偵測出來，故高阻抗接地故障為一極具研究價值之課題，一般常發生於架空線斷裂，掉落至具有高阻抗值之表面。且架空線路架常設於郊區，易受天災環境等因素斷落，或周邊樹木倒塌至導線上，亦會產生高阻抗接地故障。當發生此種故障時，因阻抗甚高之故，導致電流值並不會大幅上升，遂使得過電流電驛不易偵測，不論就公共安全或是運轉可靠度觀點而言，偵測高阻抗接地故障，均已是十分重要之課題。

小波理論提供了一個應用信號處理的架構。與傅立葉轉換的不同在於小波轉換使用一個窗型函數，且此窗型函數會在不同的情況下自動調整大小。由於這種特性，所以它可精確地觀測非靜態信號的暫態行為。若有一個突波擾動發生在某個極短的時間區域內，如以快速傅立葉轉換，或許無法偵測出正確的時間，但小波轉換則可同時獲得時間及頻率的資訊，並可偵測出擾動發生的精確時間。小波轉換有以下四種主要特性：

1. 它可更有效地監測暫態信號頻譜間之變化。
2. 它可同時表現出時間與頻率的資訊。
3. 穩態週期波之取樣週期數，若非剛好整數週期則會造成洩漏效應，以小波轉換方法處理可降低洩漏效應。
4. 使用小波轉換可分析基波頻率整數倍以外的諧波分量，因此比傳統快速傅立葉轉換適用的範圍更廣。

測試結果顯示此斜向型小波轉換方法可正確地偵測出各種不同狀況之高阻抗接地故障，且其計算效能亦較其他方法佳，因此能更準確快速偵測出高阻抗接地故障，因此本方法在實務應用上確具有可行性及實用性。本研究報告達成的貢獻包括下列幾點：

1. 建立斜向型小波理論在高阻抗接地故障分析之應用方法：本研究所使用之小波理論可以提高阻抗接地故障偵測之精確度，以避免系統設備之損壞，並減少損失。
2. 提出偵測之方法：本研究提出之方法除了可分析穩態信號外，更可以適用於動態信號，補救傳統傅立葉轉換的缺失。

本研究計畫除已完成之研究貢獻外，未來之研究方向可包括：

1. 要完整的監測系統及判斷事件則需要分析龐大的資料。為了在不失真的情形下降低這些資料的數量，資料壓縮的方法是具有其實用性，因此未來也可應用小波理論於資料壓縮上。
2. 在本研究計畫中我們採用的是斜向型小波，在未來的研究中我們將評估不同基本小波之影響。