

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

邁向潔淨電網之規劃策略與運轉控制之研究--強化電力品質分析、監測、鑑別及硬體改良實現之研製
研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 98-2221-E-168-046-
執行期間：98年08月01日至99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

計畫參與人員：碩士級-專任助理人員：承江永
碩士級-專任助理人員：莊鎰謙

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 99 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

邁向潔淨電網之規劃策略與運轉控制之研究

子計畫：強化電力品質分析、監測、鑑別及硬體改良實現之研製

Enhancement of Power Quality Analysis, Detection, Identification and Hardware Realization Improvement

計畫編號：NSC-98-2221-E-168-046

執行期限：98年8月1日至99年7月31日

主持人：謝承道 崑山科技大學 電機工程系

計畫參與人員：承江永、莊謚謙

一、摘要

近幾年來，由於科技不斷地進步，從傳統工業轉型成高產值產業，導致用電量隨之上升，所以供電品質與電力品質之可靠度極為重要，相對地，隨之衍生而來之電力品質問題便層出不窮。這些不良因素可能影響廠內設備之正常運轉，且對電機與電子設備造成危害性之影響，甚至危害操作人員之安全。因此，能夠同時描述訊號時頻分佈的時頻分析(time-frequency analysis)演算法已漸躍為主流，其中常用的方法為短時傅立葉轉換(short-time Fourier transform)、小波轉換(wavelet transform)、威格分佈(Wigner distribution)及Hilbert轉換，前兩者其雖可表示訊號時間-頻率-能量分布的情況，但其時-頻解析度稍差，而後兩者雖具有較佳之解析度，但亦常伴隨額外的交關項(cross term)干擾，或有方法克服高頻干擾的問題，卻也犧牲了其時頻定位能力，有鑒於上述方法之缺點，本計劃應用SPW(STFT-Pseudo-Wigner)分佈，其具備高解析度之優點，亦無交關項之缺點。在測試結果中，本方法之可行性及精確性將被驗證。

關鍵詞：電力品質、威格分佈、交關項

Abstract

The application of nonlinear electronics in the novel electric power equipment is world-wide popular. The waveform distorted by these devices is more deteriorated. The power quality disturbances include harmonics, voltage sag, voltage swell, voltage interruption, voltage flicker and oscillatory transient. Therefore, an efficient tool that can help the power engineer analyze the power quality is critically important nowadays. The widely accepted time-frequency analysis methods are short-time Fourier transform, wavelet transform, Wigner distribution, and Hilbert transform. The first two methods can describe the time-frequency information, but the resolution is not very high. The last two methods have high resolution, but there is a cross term which will affect the result. In this project, the SPW (STFT-Pseudo-Wigner) approach was applied to monitor the power system transient phenomena. It has high time-frequency resolution without the cross term. The proposed approach is tested on the several power quality signals. Testing results demonstrate the advantages of the SPW method.

Keywords: Power quality, Wigner distribution, Cross term

二、緣由與目的

近年來，電力系統隨著經濟發展，因此許多精密儀器設備被廣泛使用，如電腦、程序控制設備及通訊設備等，相對而言，電力品質之要求更為殷切。因此電力品質成為工業界與電力公司必須共同面對之問題。電力品質之問題相當廣泛，如電力諧波(Harmonics)、電壓驟降(Voltage Sag)、電壓陡昇(Voltage Swell)、電壓中斷(Voltage Interruption)、電壓閃爍(Flickers)、三相不平衡(Three-Phase Unbalance)、電壓突波與電流突波(Inrush current)、電磁場(Electric magnetic field)等，皆會對設備造成損壞[1-10]。

電力品質之損害，各有不同之情況：當雷擊、鹽害或其它天災之事故，將導致電壓驟降與電壓陡昇，可能造成設備欠壓或過壓，而造成電壓中斷。近年來，科學園區發生數起電力事故，造成電壓瞬間降落，導致半導體相關產業數十億台幣損失，便是一例；由於非線性負載廣泛使用造成諧波污染，可能加速設備老化，引發絕緣破壞，甚至造成系統保護裝置異常動作，導致元件或資料損毀，亦會引起通訊系統之干擾；而電力系統中電壓閃爍會導致日光燈等照明設備光度快速改變，易使人眼感到不適與暈眩；當三相電壓不平衡時，會干擾鄰近電腦，導致螢光幕扭曲。故電力系統之供電品質對用戶影響甚鉅，因此電力品質必須由電力公司與用戶雙方共同來克服之問題[11-14]。

為了使系統保持良好之電力品質，因此電力用戶端通常可裝置不斷電系統用來防止電壓驟降、電壓陡昇或電壓中斷之影響；而對於電力暫態信號，可利用金屬氧化物可變電阻(Metal Oxide Varistor, MOV)抑制器以抑制較低電壓之暫態信號。不同種類之電力暫態事件，會有不同之電力保護措施及保護設備[14]。

另外，為因應我國之電業自由化，綜合電業發電業及一定容量以上之自備發電業者，均需負擔天然氣及再生能源配比任務。因此，在未來電業自由化的市場架構下，勢必造成各種分散式電源之研發與設置，朝向多元發展，例如：汽電共生系統、小型模組化的發電機、儲能系統等新的發電科技。這些小型汽電共生機組及再生能源發電系統可稱為分散式發電系統[15]，由於設備容量一般較小，所以大部份會與電力公司配電系統並聯。未來電力系統的分散式電源佔比將逐漸提高[16,17]。由於分散式電源建置於配電系統附近，隨著分散式電源之佔比增加，必將對目前已運

轉之電力系統造成衝擊，諸如對配電系統電力品質之影響、獨立運轉現象發生之可能性及電力系統穩定度之餘裕降低等[18-21]。

電力品質問題之改善應分為電源供應者(即電力公司)以及電源使用者(即用戶)兩方面。在電力公司方面當然致力於系統事故的防制，而在用戶方面，則應以提升製程設備的忍受度為主軸。因此，不論任何一方，對於各種電力品質問題之分析、監測、鑑別均有其必要性。

近幾年來，由於科技不斷地進步，從傳統工業轉變成高產值產業，導致用電量隨之上升，所以供電品質與電力品質之可靠度極為重要，相對地，隨之衍生而來之電力品質問題便層出不窮。而引起電力品質之不良因素，例如：電力諧波、電壓驟降、電壓陡昇、電壓中斷、電壓閃爍、三相不平衡、電壓突波與電流突波、電磁場等，這些不良因素可能影響廠內設備之正常運轉，且對電機與電子設備造成危害性之影響，甚至危害操作人員之安全[13]。

「電力品質」(power quality)一詞根據「美國電機與電子工程師協會」(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)之「配電系統電壓品質工作小組」(Working Group on Distribution Voltage Quality)所下定義，係指「電力系統擾動之相對缺失程序」，此定義以電力公司為立場，所定義之電力品質可以簡述為電力系統對污染源(電力用戶)之接受程度。另外，根據「加拿大電機學會」(Canada Electric Association, CEA)係指「在某一電力條件情況下，電力設備性能之滿意程度」，此定義以用戶為立場，所定義之電力品質可以簡述為用戶對電力公司供電品質之滿意度。所以，對於電力公司而言是指供電系統提供用戶不受干擾之標準電源能力，而對於用戶而言是指負載運轉時不會干擾或降低供電電源效率之能力，因此電力品質必須得到電力公司與用戶雙方皆能接受之程度。

「電壓變動少、頻率變動少及停電少」之性質則為一理想之電力供電品質，由於不良電力品質對於高科技之產業設備將造成影響，因此不良電力品質一直是電力公司、工業界與學術界共同討論之話題，不良電力品質輕者造成設備之損壞、燒毀等，重者造成經濟嚴重之損失甚至危害操作人員之安全，因此有效控制電力品質是電力公司與用戶最大之目標，所以穩定之供電品質與電力品質之可靠度是相當重要。

對於電力品質訊號的分析檢測，包含時域上的統計方法與用以分析頻域成份的傅立葉轉換(Fourier transform)，然而電力擾動訊號具有非穩態特性，且時間與頻率的資訊同等重要，因此，能夠同時描述訊號時頻分佈的時頻分析(time-frequency analysis)演算法已漸躍為主流，其中常用的方法為短時傅立葉轉換(short-time Fourier transform)、小波轉換(wavelet transform)、威格分佈(Wigner distribution)及 Hilbert 轉換，前兩者其雖可表示訊號時間-頻率-能量分布的情況，但其時-頻解析度稍差，而後兩者雖具有較佳之解析度，但亦常伴隨額外的交關項(cross term)干擾，或有方法克服高頻干擾的問題，卻也犧牲了其時頻定位能力，有鑒於上述方法之缺點，本計劃應用 SPW(STFT-Pseudo-Wigner)分佈，以彌補現有方法時頻

定位觀測能力之不足，此方法具有以下優點：

- (1) 具有雙線性分析法之高時-頻解析度，可清楚分析各種電力品質。
- (2) 沒有交關項干擾，可確保分析結果之正確性。

三、研究方法

在過去十年中，訊號及系統之時頻分析是個被廣泛研究之領域。這分析之理論與應用已被發表於許多相關論文。對於電力品質訊號的分析檢測，包含時域上的統計方法與用以分析頻域成份的傅立葉轉換(Fourier transform)，然而電力擾動訊號具有非穩態特性，且時間與頻率的資訊同等重要，因此，能夠同時描述訊號時頻分佈的時頻分析(time-frequency analysis)演算法已漸躍為主流，其主要則可概分為線性及雙線性(bilinear quadratic)兩種表示法。其中，常見的線性時頻分析法為短時傅立葉轉換(short-time Fourier transform)，此類分析即經由時頻視窗之移動來觀測訊號，惟其受限於時頻解析度的極限值，且對於某些相近之頻率成份尚無法精確定位，甚至會有干擾與能量洩露的情況發生。另外，常用的雙線性分析法中主要為 Wigner 分佈(Wigner distribution)，其雖可表示訊號時間-頻率-能量分布的情況，但亦常伴隨額外的交關項干擾，或有方法克服高頻干擾的問題，卻也犧牲了 Wigner 分佈之時頻定位能力，有鑒於上述方法之缺點，本計劃即應用 SPW (STFT-Pseudo-Wigner)分佈，以彌補現有方法時頻定位觀測能力之不足。

1. 短時傅立葉轉換

短時傅立葉轉換為時頻分析最早期之方法。其與傅立葉轉換最大的差別在於有限時間寬度視窗函數 $g(t)$ 之使用；換言之，藉由此視窗在時間軸上的移動並搭配逐段的傅立葉轉換頻譜分析，即可求得訊號之時頻分析。對於一個訊號 $f(t)$ 而言，其轉換式為：

$$F(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x+\tau)g^*(\tau)e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (1)$$

其中， τ 為時間平移變數， f 為頻率， $g^*(t)$ 為 $g(t)$ 之共軛複數。由公式(1)式可知，短時傅立葉轉換之核心即在於視窗函數 $g(t)$ 的選擇，雖然可大致依據訊號特性與實際需求來選擇視窗種類並調整其寬度，但是一經決定之後，便無法再更改，故對於多頻訊號而言，短時傅立葉轉換之分析效能，容易因視窗寬度的選擇不當而受到影響；換言之，視窗若過窄，將導致頻率解析度不足，而無法分析出訊號中相近的頻率成份；反之，當視窗選擇過寬，則將由於缺乏足夠的時間解析度，造成無法精確定位相鄰的高頻擾動時間點。

2. 威格分佈

時頻分析另一種常使用的方法為 Wigner 分佈及它的變化。Wigner 分佈是由 Wigner 所提出，其所描述乃是訊號在時頻二維平面上之能量密度(energy density)之分佈。Wigner 分佈在計算之過程中使用了兩次訊號 $f(t)$ ，故稱其為雙線性的分析方法。由於 Wigner 分佈具有高的時頻解析度以及公式很簡單，因此廣泛地應用於各工程領域中，其公式如下：

$$WD(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t + \tau/2) f^*(t - \tau/2) e^{j\omega\tau} d\tau \quad (2)$$

公式(2)中的相乘項 $f(t + \tau/2) f^*(t - \tau/2)$ 是以變數 τ 為中心的厄米特對稱(Hermitian symmetry)，Wigner 分佈就相當於此相乘項之傅立葉轉換，其中 $f(t)$ 為實數之訊號，經過運算之後則會產生正負頻率之現象。因此為了克服此缺點，Ville 將解析訊號取代實數之訊號。然而，Wigner 分佈在多重成份訊號中會產生嚴重的交關項(cross term)，因而限制了 Wigner 分佈的應用。

3. SPW 分佈

對於 Wigner 分佈交關項之問題，可用兩種方法解決，第一種為利用時頻方法之震盪結構來消除交關項，例如，L-Wigner 分佈(L-Wigner distribution)。第二種為利用時頻平面上之二維濾波器來消除交關項，例如，Choi-William 分佈。

在訊號處理方面，頻率調變訊號之相位函數往往是高階非線性之型式。但 Wigner 分佈只限於線性調變之訊號，隨著頻率調變訊號相位函數之階數增加，Wigner 分佈能量擴散將逐漸加大，因此導致了訊號不易被分解，而降低對未知訊號辨識之能力。為了解決此問題，將 Wigner 分佈適當作一轉換及修正，因此產生了多項式 Wigner 分佈 (polynomial Wigner distribution)，在高階非線性頻率調變訊號下利用多項式 Wigner 分佈之特性能有效地使能量集中性，並且能充分應用於實際訊號處理上，多項式 Wigner 分佈之定義為：

$$PWD^{(k)}(t, \omega) = \int f(x + c_k \tau) \prod_{i=1}^k P_i[f(t + c_i \tau)] e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (3)$$

其中 k 為分佈函數之階數，此階數必須大於訊號之相位函數之階數才能有理想的能量集中性。 $P_i[\cdot]$ 為變值運算，當 i 為偶數時其值不變，當 i 為奇數時其值則取共軛。

為了克服多項式 Wigner 分佈在多成份訊號時具有嚴重之交關項問題，因此產生了 L-Wigner 分佈，其定義為：

$$LWD_L(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f^L(t + \tau/2L) f^{*L}(t - \tau/2L) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (4)$$

其中 $L=1,2,3,\dots \in Z^+$ 。但由於公式(4)仍具有交關項之問題，必須將 L-Wigner 分佈加上一個適當之視窗函數，且當 $L=1$ 時可得到擬似 Wigner 分佈(pseudo Wigner distribution)，擬似 Wigner 分佈之定義為：

$$PWD(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} w(\frac{\tau}{2}) w^*(\frac{\tau}{2}) f(t + \tau/2) f^*(t - \tau/2) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (5)$$

$PWD(t, \omega)$ 和短時傅立葉轉換之 $F(t, \omega)$ 之關係為：

$$\begin{aligned} PWD(t, \omega) &= \frac{1}{\pi} F(t, 2\omega) * F^*(t, 2\omega) \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(t, \omega + \theta/2) F^*(t, \omega - \theta/2) d\theta \quad (6) \end{aligned}$$

其中*表示頻率之迴旋。如果加入一個狹窄的視窗函數 $P(\theta)$ ，則可得到

$$\begin{aligned} SPW(t, \omega) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P(\theta) F(t, \omega + \theta/2) F^*(t, \omega - \theta/2) d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P(2\theta) F(t, \omega + \theta) F^*(t, \omega - \theta) d\theta \quad (7) \end{aligned}$$

雖然這公式能解釋為擬似 Wigner 分佈之修正，但它具有很重要之影響並且在品質及數值上比在時域裡 Wigner 分佈之平滑完全不同。首先考慮選擇適當之視窗函數 $P(\theta)$ ，這能得到一些有用的影響。兩個特別之情況為：

1. 如果 $P(\theta) = 2\pi\delta(\theta)$ ，則為短時傅立葉轉換，即得到 $SPW(t, \omega) = F(t, \omega)$ 。
2. 如果 $P(\theta) = 1$ ，對於所有的 θ 而言，即可得到擬似 Wigner 分佈。

而一般化的 SPW 轉換即介於短時傅立葉轉換及 Wigner 分佈之間，並結合了兩者之間的良好性能。在時-頻平面上短時傅立葉轉換並不會受到訊號間之交關項影響，而交關項之存在是 Wigner 分佈的一個問題。若經由選擇適當之 $P(\theta)$ ，則 Wigner 分佈之高解析特性可被維持，而交關項亦將可避免。

四、測試結果

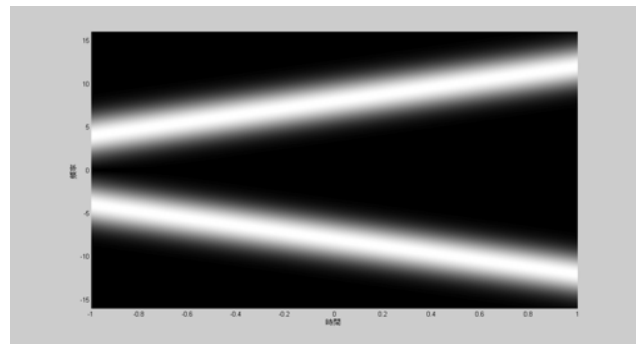
本計劃應用所提之方法於數種不同之模擬訊號上，以測試所提方法之可行性及可靠度。首先由兩種數值之範例來驗證此時頻分析方法所具有之優異解析度：第一個測試為線性調頻訊號，而另一個測試為線性及正弦頻率調變之訊號。接著並將 SPW 之方法應用於電壓中斷、電壓驟降、電壓突昇、低頻振盪暫態、電壓諧波及電壓閃爍等電力訊號之分析，並且與短時傅立葉轉換及擬似 Wigner 分佈 (pseudo Wigner distribution) 之分析結果作比較，測試結果可證明該方法確具良好之時頻分析之效能，極適用於電力訊號之分析與檢測。

測試一：線性調頻訊號

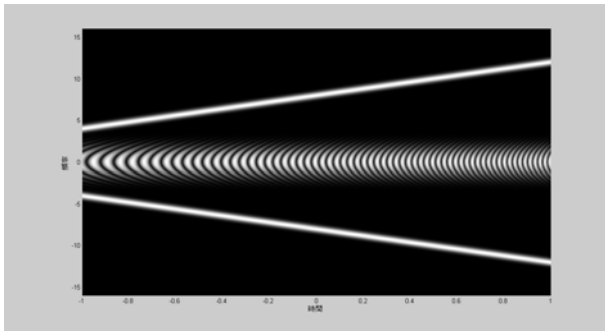
此測試為線性頻率調變之訊號，訊號公式如下：

$$f(t) = \cos(4\pi(t+2)^2) \quad (8)$$

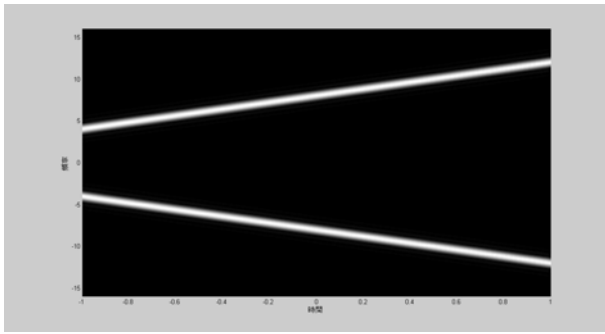
此訊號的特徵為其頻率隨著時間增加而呈現性成長，其 STFT、擬似 Wigner 分佈以及 SPW 方法中得到類似的結果，分別如圖 1(a)-(c)所示。由圖中可以看出，STFT 方法雖可以正確的顯示其頻率分佈，但解析度明顯較差，而擬似 Wigner 分佈雖具有較佳之解析度，但交關項之問題而導致出現不正確之低頻分佈。圖 1(c) 所用之 SPW 方法兼具兩者之優點，故本計畫擬採用之分析電力訊號。



(a) 短時傅立葉轉換



(b) 擬似 Wigner 轉換



(c) SPW

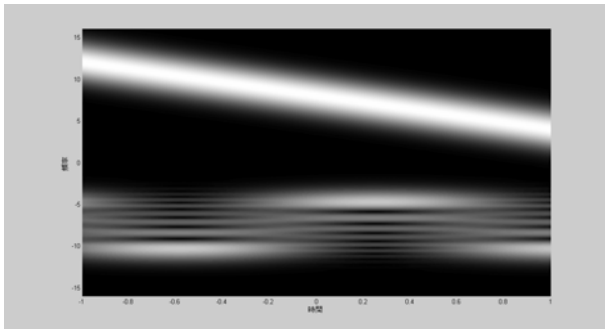
圖 1 實數線性頻率調變訊號之時頻圖

測試二：線性及正弦頻率調變

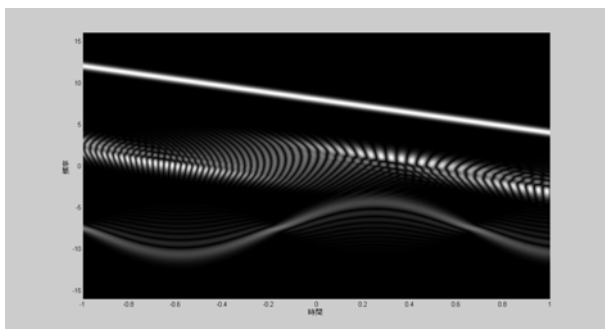
第二個測試採用一個線性及正弦頻率調變成份相加之訊號，公式如下：

$$f(t) = 1.5 \exp[-j4\pi(t-2)^2] + \exp\{j\{6\cos[1.2\pi(t+1)] - 15\pi t\}\} \quad (9)$$

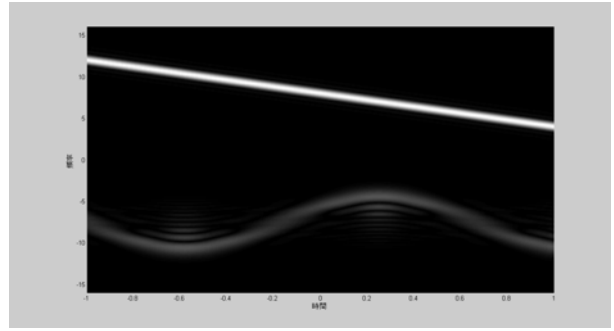
時-頻分佈結果如圖 2(a)-(c)中所示，如同測試一之結果，短時傅立葉之解析度較差，而擬似 Wigner 分佈之結果則依然包含了交關項，只有 SPW 方法可同時具有兩者之優點。



(a) 短時傅立葉轉換



(b) 擬似 Wigner 分佈



(c) SPW

圖 2 線性及正弦頻率調變訊號之時頻圖

測試三：電力中斷

當供電電壓之有效值低於 0.1p.u.時，即視為斷電 (Interruption)，此將造成用戶端之電力供電停止，並使得各項用電設備停止運作。發生電壓中斷之原因繁多，常見的有輸電線路故障造成區域電力網供電中止，或是發電機跳脫使得區域電力供應不足，導致電壓嚴重下降終至斷電。如民國 88 年 7 月 29 日台灣地區發生大規模停電，且造成南北輸電系統解聯，此事件不僅造成民眾生活上的不便，經濟上的損失更是嚴重。另如民國 93 年 4 月 10 日，新竹科學園區三期園區內發生電力事故，連帶影響多家廠商生產設備電力跳脫，造成生產線之不正常停擺，此次事故更造成園區產值損失達上億元之鉅。

斷電時間之長短，分別有不同之定義，大略可分為瞬時性電壓中斷、短暫性電壓中斷及暫時性電壓中斷，其瞬時性電壓中斷持續時間大約 0.5 週期至 30 週期之間，短暫性電壓中斷持續時間大約 30 週期至 3 秒之間，暫時性電壓中斷持續時間大約 3 秒至 1 分鐘之間。而本測試模擬之電壓中斷的訊號，即如圖 3 所示。橫軸與縱軸分別為時間、電壓(p.u.)，其時間設定為 0~0.14 秒，取樣點數為 1024 點。電力系統發生電壓中斷大約於 0.04 秒附近，且於 0.11 秒附近恢復電力供電。

使用短時傅立葉轉換分析電壓中斷之時頻圖，如圖 4(a)所示。其中橫軸代表時間，縱軸代表頻率，分析結果之數值則以顏色深淺表示之，淺色代表較小之數值，而深色則代表較大之數值。由圖中可看出在頻率等於 60Hz 附近具有較大之數值，這與電力系統中基頻為 60Hz 吻合，而圖中亦可觀察到在時間 0.04~0.1 秒之間，其振幅為零，這也與電壓中斷之現象吻合。

使用擬似 Wigner 分佈分析電壓中斷之時頻圖，如圖 4(b)所示。而橫軸與縱軸亦為時間與頻率，而在圖中亦可看出訊號主要頻率為 60Hz，時間在 0.04~0.1 秒間，其數值為零。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好。但此方法因受到交關項之影響，所以可看出整個訊號之振幅的值受到交關項之影響而顏色較淺，振幅的值較低。

使用 SPW 分佈分析電壓中斷之時頻圖，如圖 4(c)所示。而橫軸與縱軸為時間與頻率，由圖中亦可看出訊號主要頻率為 60Hz，時間在 0.04~0.1 秒間，其值為零。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此

表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好，且由圖中可看出整個訊號之顏色比擬似 Wigner 分佈之顏色較深，表示此方法不會受到交關項之影響，因此比擬似 Wigner 分佈之分析結果好。

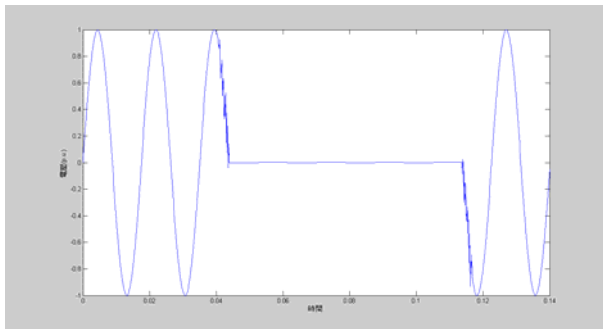
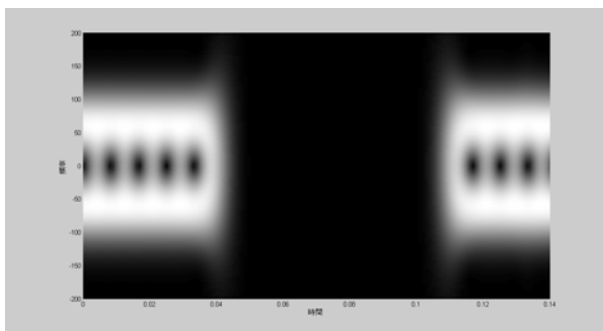
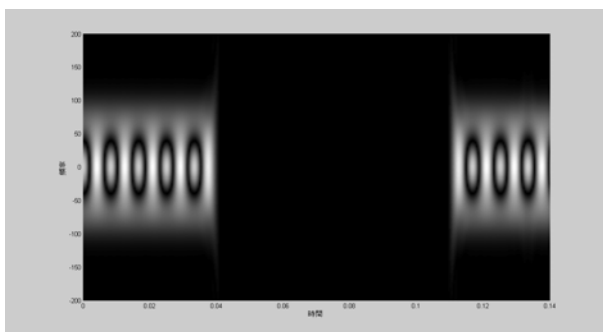


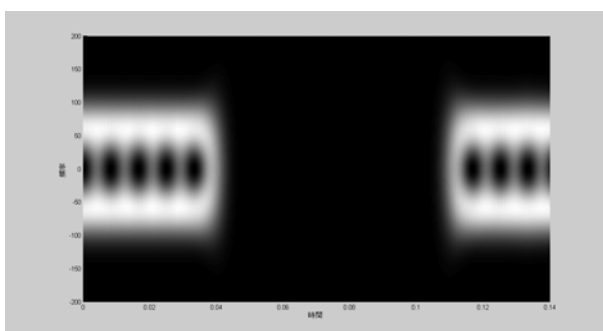
圖 3 電壓中斷訊號



(a) 短時傅立葉轉換



(b) 擬似 Wigner 分佈



(c) SPW

圖 4 電壓中斷之時頻圖

測試四：電壓暫態

所謂的暫態即非自然之瞬間不良電力變化，而電壓暫態可分為振盪暫態(Oscillatory Transient)、脈衝暫態(Impulsive Transient)。振盪暫態是一種瞬間的、非電源頻率(60Hz)之電壓或電流變化。而振盪暫態之電

壓或電流波形會瞬間改變正負極性，換句話說，其變化之方向是屬於雙極性。由於電容器之切換而造成振盪暫態，而振盪暫態可分成高頻、中頻、低頻振盪暫態，可藉由分佈頻域、持續時間、電壓大小來區分。

電力系統被閃電擊中而造成脈衝暫態。而脈衝暫態可分為：微秒、毫秒，可藉由暫態波形上升及持續之時間來區分。微秒脈衝暫態定義為：上升時間 $0.1\mu s$ 、持續時間 $5ns$ 至 $1ms$ 範圍之間。毫秒脈衝暫態定義為：上升時間 $0.1ms$ 、持續時間大於 $1ms$ 。而當脈衝暫態發生時，將可能造成變壓器及避雷器之損壞。而本測試模擬之電壓暫態的訊號，如圖 5 所示。橫軸與縱軸亦為時間、電壓(p.u.)，其訊號持續時間為 0.14 秒，而電力系統發生低頻振盪暫態事故於 0.04 秒左右。其時間設定為 $0\sim 0.14$ 秒，取樣點數為 1024 點。

使用短時傅立葉轉換分析低頻振盪暫態之時頻圖，如圖 6(a)所示。其中橫軸代表時間，縱軸代表頻率，分析結果之數值則以顏色深淺表示之，淺色代表較小之數值，而深色則代表較大之數值。由圖中可看出在頻率等於 $60Hz$ 附近具有較大之數值，這與電力系統中基頻為 $60Hz$ 吻合，而圖中亦可觀察到在時間 0.04 秒時，其頻率的值略大，這也與低頻振盪暫態之現象吻合。

使用擬似 Wigner 分佈分析低頻振盪暫態之時頻圖，如圖 6(b)所示。而橫軸與縱軸亦為時間與頻率，而在圖中亦可看出訊號主要頻率為 $60Hz$ ，時間在 0.04 秒時，其頻率的值略大。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好。但此方法因受到交關項之影響，所以可看出整個訊號之振幅的值受到交關項之影響而顏色較淺，振幅的值較低。

使用 SPW 分佈分析低頻振盪暫態之時頻圖，如圖 6(c)所示。而橫軸與縱軸為時間與頻率，由圖中可看出訊號主要頻率為 $60Hz$ ，時間在 0.04 秒時，其頻率的值略大。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好，且由圖中可看出整個訊號之顏色比擬似 Wigner 分佈之顏色較深，表示此方法不會受到交關項之影響，因此比擬似 Wigner 分佈之分析結果好。

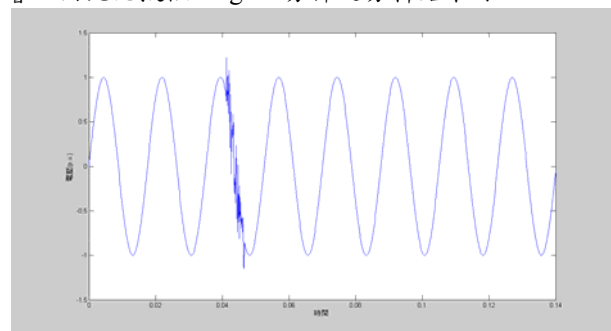
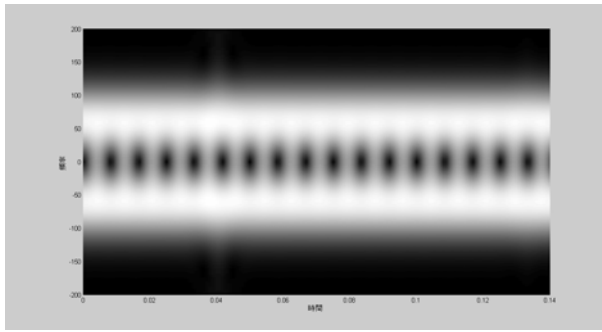
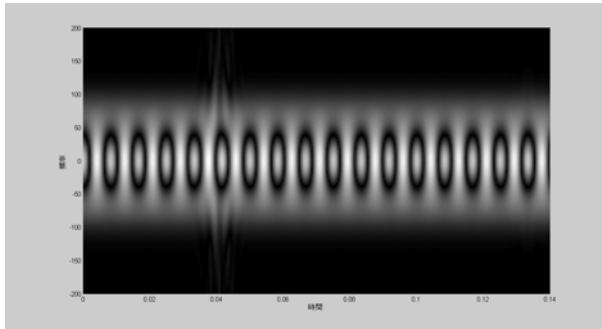


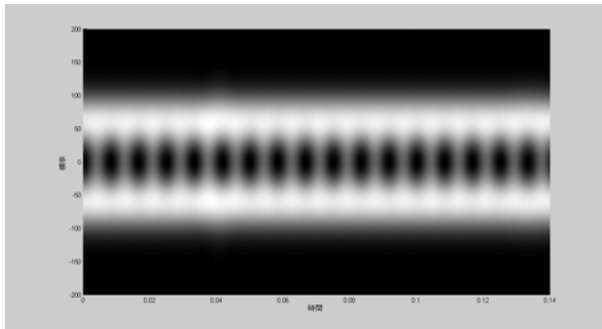
圖 5 低頻振盪暫態訊號



(a) 短時傅立葉轉換



(b) 擬似 Wigner 分佈



(c) SPW

圖 6 振盪暫態之時頻圖

測試五：電壓閃爍

電壓閃爍(flicker)是一種低頻的電壓波動(voltage fluctuations)，其會造成視訊器材如電腦螢幕、電視機、監視器畫面的晃動，也會使白熾燈或日光燈之類的照明燈具之亮度閃爍，輕則造成視覺不適，重則影響視力健康。電壓閃爍的形成原因為電力系統中隱含著許多大型間歇性快速變動的負載(intermittent loads)，如電弧爐、軋鋼爐、電焊機等，此類設備的特點是在運轉過程中，其用電量之起伏相當劇烈，使得鄰近之匯流排產生電壓波動，不僅影響照明設備，對於精密之電子儀器與電腦設備，亦為一大威脅。

本測試模擬之電壓閃爍訊號，如圖 7 所示。為了測試本計劃所提方法之解析能力，該訊號除了含有電壓閃爍的成份之外，尚於其中加入振幅 20% 大小的三次諧波，故整個電壓閃爍訊號可以如下之數學式表示：

$$x(t) = \sqrt{2} [V_{rms} + \sum_{n=1}^3 V_n \sin(2\pi f_n t)] \cdot [\sin(2\pi 60t) + 0.2 \sin(2\pi 180t)] \quad (10)$$

其中，基頻波之電壓為 $V_{rms} = 1$ p.u.，而閃爍頻率與閃爍振幅分別設定為 $(f_1 = 5 \text{ Hz}, V_1 = 0.05 \text{ p.u.})$ 、 $(f_2 = 10$

$\text{Hz}, V_2 = 0.1 \text{ p.u.})$ 、 $(f_3 = 15 \text{ Hz}, V_3 = 0.05 \text{ p.u.})$ 。

使用短時傅立葉轉換分析電壓閃爍之時頻圖，如圖 8(a)所示。由圖中可看出在頻率等於 60Hz 附近具有較大之數值，而圖中亦可觀察到在時間 0~0.04 秒之間，其顏色較深，表示振幅的值較大。在時間 0.04~0.1 秒之間，其顏色較暗，表示振幅的值較小。在時間 0.1 秒之後，其顏色略小，表示振幅的值比 0.04~0.1 秒間之振幅大，但卻比 0~0.04 秒間之振幅小，這也與圖 7 之電壓閃爍訊號現象吻合。

使用擬似 Wigner 分佈分析電壓閃爍之時頻圖，如圖 8(b)所示。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好。但因受到交關項之影響，所以可看出整個訊號之振幅的值受到交關項之影響而顏色較淺，振幅的值較低。

使用 SPW 分佈分析電壓閃爍之時頻圖，如圖 8(c)所示。此方法因分佈區域比短時傅立葉轉換較窄，因此表示頻率解析度比短時傅立葉轉換之分析結果好，且由圖中可看出整個訊號之顏色比擬似 Wigner 分佈之顏色較深，表示此方法不會受到交關項之影響，因此比擬似 Wigner 分佈之分析結果稍好。

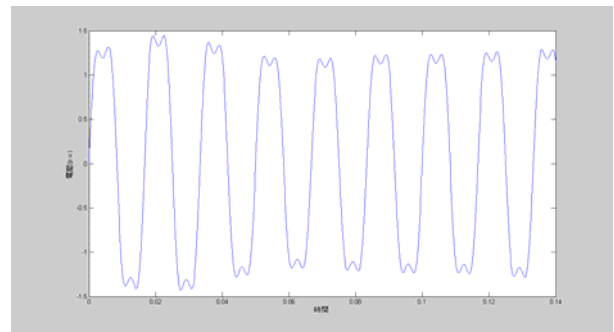
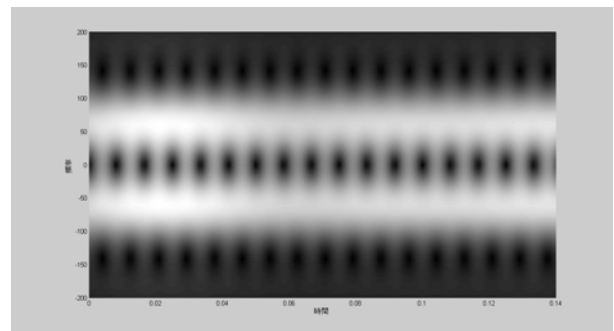
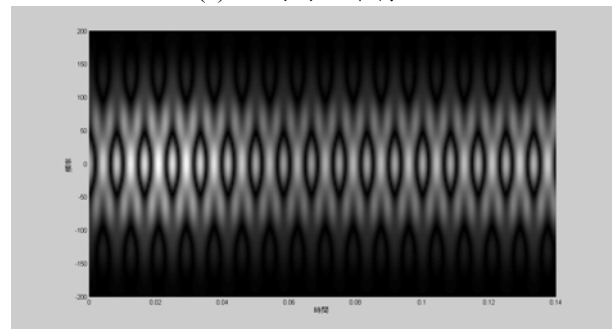


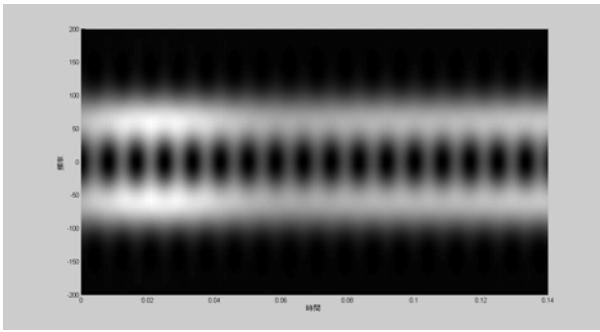
圖 7 電壓閃爍之訊號



(a) 短時傅立葉轉換



(b) 擬似 Wigner 分佈



(c) SPW

圖 8 電壓閃爍之時間-頻率圖

五、結論

本計畫應用SPW分佈於偵測分析各種電力品質訊號，由測試一與測試二可知，本計畫之研究方法確有較高之時-頻解析度，亦無交關項之干擾；而測試三~測試五則顯示本方法實際應用於電力品質訊號，確有其可行性，故可精確觀測出其時頻變化。本計畫之研究成果亦可提供計畫參予人員在數位保護電驛設計能力之訓練，對國內該類技術人才之培育著實有若干貢獻，且有助於相關分散式電源系統工程人員深入施行參考所需。

六、參考文獻

- [1] 王政偉，“結合小波轉換與類神經網路辨別電力開關之切換”，碩士論文，私立中原大學，2003。
- [2] 陳光明，“鋼鐵廠電力系統諧波分析與探討”，碩士論文，國立中正大學，2004。
- [3] 粘遙輝，“類神經網路於電力品質干擾波形之辨識”，碩士論文，淡江大學，2002。
- [4] 黃志軒，“以 OPC 為基礎的電力品質監測系統”，碩士論文，私立中原大學，2003。
- [5] 張家豪，“一種動態電壓恢復器之研製”，碩士論文，國立中山大學，2004。
- [6] W. M. Grady and S. Santoso, “Understanding Power System Harmonics,” *IEEE Power Engineering Review*, November 2001, pp.8-11.
- [7] P. Heine and M. Lehtonen, “Voltage Sag Distributions Caused by Power System Fault,” *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 18, No. 4, November 2003, pp.1367-1373.
- [8] J. Wang, S. Chen, and T. T. Lie, “System Voltage Sag Performance Estimation,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 20, No. 2, April 2005, pp.1738-1747.
- [9] S. Choi, J. D. Li, and D. M. Vilathgamuwa, “A Generalized Voltage Compensation Strategy for Mitigating the Impacts of Voltage Sags/Swells,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 20, No. 3, July 2005, pp.2289-2297.
- [10] C. Fitzer, M. Barnes, and P. Green, “Voltage Sag Detection Technique for a Dynamic Voltage Restorer,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 40, No. 1, January/February 2004, pp.203-212.
- [11] Y. Y. Hong and L. H. Lee, “Stochastic Voltage-Flicker Power Flow,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 15, No. 1, January 2000, pp.407-411.
- [12] J. C. Gomez, M. M. Morcos, C. A. Reineri, and G. N. Campetelli, “Behavior of Induction Motor Due to Voltage Sags and Short Interruptions,” *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 17, No. 2, April 2002, pp.434-440.
- [13] 林展生，“利用小波轉換分析電力品質” 碩士論文，

淡江大學，2002。

- [14] 林穎駿，“應用小波轉換與類神經網路於電力品質事故之監測與辨識”，碩士論文，私立中原大學，2003。
- [15] 梁志堅，“分散型電源對台灣電力系統之影響”，*電機技師月刊*，第 69 期，pp. 88-103，1998。
- [16] Rabinowitz, M., “Power systems of the future. 1,” *IEEE Power Engineering Review*, Vol. 20, No. 1, pp.5-16(2000).
- [17] T. Gonen, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw Hill, (1986).
- [18] G. J. Ball, D. Balackburn, and W. Gish, “Summary of Static Power Converters of 500Kw or Less Serving as the Relay Interface Package for Non-Conventional Generators”, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 9, No. 3, July 1994, pp. 1325-1331.
- [19] Summary Report of IEEE Working Group Report, “Intertie Protection of Consumer-Owned Source of Generation, 3MVA or Less”, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 5, No. 2, April 1990, pp. 924-929.
- [20] W. M. Strang and R. M. Westfall, “Distribution Line Protection Practices Industry Survey Results IEEE Power System Relaying Committee Report”, *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 10, No. 1, January 1995, pp. 176-186.
- [21] J. C. Gomez and M. M. Morcos, “Coordinating Overcurrent Protection and Voltage Sag in Distributed Generation Systems”, *IEEE Power Engineering Review*, Vol. 22, No. 2, February 2002, pp. 16-19.

無衍生研發成果推廣資料

98 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：謝承道		計畫編號：98-2221-E-168-046-				計畫名稱：邁向潔淨電網之規劃策略與運轉控制之研究--強化電力品質分析、監測、鑑別及硬體改良實現之研製	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	無。
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	無。
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無。
--	----

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本計畫應用 SPW(STFT Pseudo Wigner)於偵測分析各種電力品質訊號，由計畫結果可顯示本方法同時具有高解析度之優點，亦無一般高解析度時頻方法交關項之缺點，對於電力品質分析領域頗具貢獻。由此計畫之成果，可進一步以硬體實現，或可研發計算複雜度較低之演算法。