

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 泛用型可攜式電力品質量測分析與警示儀之系統晶片設計

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-032-029-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：淡江大學電機工程學系

計畫主持人：蕭瑛東

計畫參與人員：陳家宏，莊欽龍

報告類型：精簡報告

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 94 年 9 月 7 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  
 期中進度報告

泛用型可攜式電力品質量測分析與警示儀之系統晶片設計

Design of the System-on-Chip for the General Purpose and  
Portable Power Quality Measurement-Analysis-Index Meter

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 93-2213-E-032-029-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

計畫主持人：蕭瑛東

共同主持人：

計畫參與人員：陳家宏，莊欽龍

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、  
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學電機系

中 華 民 國 94 年 9 月 1 日

## 中文摘要

本研究計畫擬以系統晶片技術與吾人先前研究成果為基礎，研發泛用型可攜式電力品質量測分析警示儀之系統晶片，可應用於電力系統之電力品質之量測與分析，並提供電力品質嚴重等級指標與警示。本計畫分三年進行，第一年研究電力品質分析演算法，擬就典型之電力品質問題—諧波、電壓閃爍、電壓突升或突降、電力中斷、三相不平衡等，利用小波轉換技術分析其中特性，如大小、頻率、區間、發生率等等，並判別其來源屬性為自生性(干擾源)或外入性(受干擾)。第二年發展電力品質指標計之演算法，包括(1)整體電力品質評估指標，如系統即時平均均方根值變化頻率指標和系統暫時平均均分根變化頻率指標；(2)各類電力品質嚴重等級程度評斷。由分析階段所得到之各種電力品質特性參數，利用模糊邏輯和可適式技巧計算電力品質相關評估指標及推論電力品質之嚴重等級；第三年以系統晶片硬體架構實現一泛用型可攜式電力品質儀，具分析與警示等功能。因系統晶片乃將微處理器、記憶體、邏輯控制和演算法等等整合設計於一晶片中，具有低成本小體積，運算速度快等特性。

本報告為第一年部份：研究電力品質分析演算法，就典型之電力品質問題—諧波、電壓閃爍、電壓突升或突降、電力中斷、三相不平衡等，利用小波轉換技術分析其中特性。

關鍵詞：電力品質，量測與分析，演算法，系統晶片

## 英文摘要

### Abstract

This plan is contemplated to realize portable power quality equipment with low cost and high performance using a system-on-chip design. It is available to measure and analyze the power quality of a system, and provide an index and alarm that shows a severe grade of power quality. The plan is divided into 3 years to proceed. In the first year, this project will study in power quality analysis algorithm, tending with the typical problems of power quality - harmonics, voltage flickers, voltage well, voltage sag, interrupting, unbalancing-in-three-phases, etc, using Wavelet transform techniques to analyze the characteristics such as amplitude, frequency, interval, occurring rate, etc, and identifying the attribute of disturbance sources whether interior (interfering) or exterior (interfered). The second year project is to develop a power quality index meter algorithm, including (1) a overall power quality index, for example, System Instantaneous Average rms Variation Frequency Index (SIARFI) and System Temporary Average rms Variation Frequency Index (STARFI); (2) the severe grade on various typical power quality problems. A variety of power quality characteristic parameters, which are available from analyzing stages, use fuzzy logic and adaptive techniques to calculate the power quality related index and derive the severe grade of power quality. The project on the third year is contemplated with the system-on-chip design to realize general-purpose portable power quality device with analysis and alarm function. Since system-on-chip makes the microprocessor, memory, control logic and algorithm integrally-designed in one chip, thus it is provided with the characteristics of low cost, small size, fast operation speed, etc.

This report is the first year report of the three-year project regarding to study in power quality analysis algorithm, tending with the typical problems of power quality.

Keywords: power quality, measure and analyze, algorithm, system-on-chip

## 目錄

1. 前言
2. 研究目的
3. 文獻探討
4. 研究方法
5. 結果與討論
6. 參考文獻
7. 計畫成果自評

## 1. 前言

本研究計畫擬以系統晶片技術與吾人先前研究成果為基礎，研發泛用型可攜式電力品質量測分析警示儀之系統晶片。吾人前期研究計畫針對變頻控制下馬達電源端之電力品質進行偵測與分析等相關研究工作。計畫中針對此種特定負載之電力品質相關問題進行量測與分析，建立電力品質數據資料庫，並發展虛擬電力品質量測分析系統，目標在建立對實際系統進行電力干擾試驗的模擬環境以供研習電力品質問題，而不必進行破壞性試驗或建立實際量測儀表設備。

從過去這些研究我們累積了豐富的經驗，相當清楚整個電力品質量測分析之架構與所需之功能。本計畫擬更進一步利用系統晶片技術將整套電力品質量測、分析與警示系統實現於單一晶片，以提供功能完整與價格低廉之可攜式泛用型電力品質分析儀之用。

台灣的經濟發展快速，工商業均隨者快速成長。在工業方面如大型鋼鐵廠的建立，電弧爐和軋鋼設備的數量與容量均同時增大。而在商業方面，辦公或商業大樓不但一棟棟地興建而且有向上高層化的趨勢，其間所引進大容量高速電梯的控制多採用電力電子元件如開流體的相位控制方式，照明智慧化的控制等也多採用電子電力元件來實現。另外電腦及儀控等重要設備的電力供應採用不斷電系統(UPS)，數目與容量正不斷地增加、增大中。他們所產生的電力品質(Power Quality)污染問題於是不能忽視之。

另外一方面，近十年來，政府積極推動產業升級，使得台灣發展成為以技術為導向的科技島。而隨著傳統工業逐漸轉型成高產值產業，大量的精密儀器被廣泛的使用，如電腦、程序控制設備及通訊等精密設備對電力品質的要求較其他一般設備來得嚴格，另外同時大量的非線性負載也加入現代的電力系統內，隨之衍生而來的電力品質問題便層出不窮。電力品質的障害，各有不同的情況：當諧波(Harmonics)嚴重污染電力系統時，除影響系統供電品質外，亦可能破壞電力設備或影響設備之正常運轉，如功因改善電容器打穿，變壓器及電纜過載或絕緣破壞等事故；當電力系統中電壓閃爍(Voltage Flick)污染嚴重時，會導致照明設備光度閃變，引起人眼不適；當三相電壓不平衡(Three Phase Unbalance)時，會造成感應馬達線圈異常過熱，或干擾鄰近電腦，導致螢光幕扭曲；當雷擊或電容器開關切換(Switching)時可能造成過電壓或過電流而造成電力設備故障；當雷擊、鹽害或天災引起的事故，將導致電壓驟降(Voltage Sag)與電壓陡昇(Voltage Swell)，可能造成設備欠壓或過壓，造成電力中斷。故電力品質之量測分析與改善技術等相關研究為當今各國電力公司、工業界與學術界所重視。

國內近來對於電力品質問題，無論是學術界或工業界，都投注相當多的心力，但大都將注意力放在電力品質的分析或對策研討上。然這些研究所需之電力品質量測分析器具卻相當昂貴或體積笨重或功能不全，因此研發一套具低成本高性能之泛用型可攜式電力品質儀，可應用於電力品質之量測與分析，並提供電力品質嚴重等級評估指標與警示，確有其必要性與需求性。

## 2. 研究目的

電力品質的重要性日益升高，而改善電力品質的首要工作在於監測設備的完善、方便與有效性以及功能完整之電力品質分析儀。傳統上，對電力品質的分析工作，大多採取到

達現場後，以數位記錄器紀錄與電力品質相關之電壓及電流信號，再將所記錄之信號輸入計算機或特殊儀表進行進一步計算與分析。傳統上利用桌上型高價格電力品質分析儀器於線外(Off Line)分析的方式，並不符合現今線上即時電力品質分析的需求。故有發展運算速度快、體積小、價格低與精確之小型電力品質分析儀之需求。

數位式電力品質分析器之量測技術逐年改善，可以精確量測穩態波形失真及信號暫態變化。且由於半導體製程技術的日月精進，使得單位面積所能製作的電晶體數以每十八個月成長兩倍的速度增加，也使得整合許多功能於單一晶片變為可能，面對系統晶片(System-On-Chip, SOC)的時代，在設計上應有不同的考量及做法，Intellectual Property (IP)是其中一種加速設計時程的方法之一，因此建構可重複使用之IP 乃是SOC 設計的第一步。電力品質改善的首要工作就是建立一套完善的監測分析系統。本研究所提出之方法，可以整合於積體電路設計中完成一系統晶片。我們將本研究所提之各總演算法，製作成IP，供各類電子產品重複使用此設計，各電子產品可監測其電源品質是否能供其正常工作。若電源發生問題，系統亦能快速應變發出警訊，以減少損失。

### 3. 文獻探討

由於近年來，許多電力事故，如電容器的爆炸，經調查發現許多案例皆出如諧波等之電力品質問題[1-2]。因此，學術界、工業界和電力公司皆投入許多人力、物力進行相關研究。例如台電公司對許多工業用戶進行測量、分析與事故探討[3-5]，台灣科技大學在高鐵系統和鋼鐵廠等所產生諧波方面的研究[6-10]，中原大學在諧波潮流分析及諧波對電力元件的影響方面的研究[11-15]，成功大學應用機率方法等來分析諧波[19-20]，中山大學、清華大學和淡江大學分別探討對主動式和被動式濾器進行探討[21-24]，及其他大學院校均有相當之研究[25-28]。另外，工研院則進行電力電子元件造成的諧波問題方面的研究[29]。至於國外在電力品質方面的研究情況更是可觀，在IEEE 的電力工程和工業應用(PES & IAS)兩個學門所發行的刊物，每期均有不少電力品質方面的文章，例如：[30-40]。IEEE 更是每年召開一次國際性的電力品質研討會，世界各國均投入了相當多的研究和探討，由此可見電力品質問題之重要性。

### 4. 研究方法

由於傳統的電力品質之分析乃藉由快速傅立葉轉換，將信號從時域轉換至頻域，以了解信號頻譜。然而，傅立葉轉換係著重於週期性穩態信號之探討，但對於高頻暫態現象，則無法藉由快速傅立葉轉換獲得精確結果。同時，對於不良電力品質亦無法於時域適時發出警訊。因此，本研究擬採用小波轉換(Wavelet Transform)理論[43, 44]，以改善快速傅立葉轉換的盲點，進而加強電力品質之分析，以供即時判別電力品質干擾因素。

#### 小波理論

近年來，小波理論被廣泛的發展利用，如信號與影像處理即是小波理論應用的一個成功例子。在電子及電力系統中，小波理論首次被利用於暫態信號的分析[43]。各種形式的小波，如Daubechies 和Morlet 小波，被使用於不同類型的電力品質分析問題中。當然，小波理論亦可以用於穩態的信號處理[44]，如諧波及閃爍。本研究利用高斯小波轉換針對電

力品質問題信號，作一系列的分析處理。小波轉換理論是基於欲分析的信號，使用一基底函數集合組合欲分析信號。其中一個重要特性，即是小波基底函數的集合中，各個基底函數之間都互相關連，其間關係就是簡單的縮放和位移。原始的小波函數，我們稱之為母波 (Mother Wavelet)。我們通常用調整母波參數間的關連，產生所有的基底函數。我們無法很明確的說明出使用何種母波來分析較好，而是要依據所給的問題信號的特性，決定合適的母波。在此，我們選擇高斯小波，作為母波，如圖1 所示。

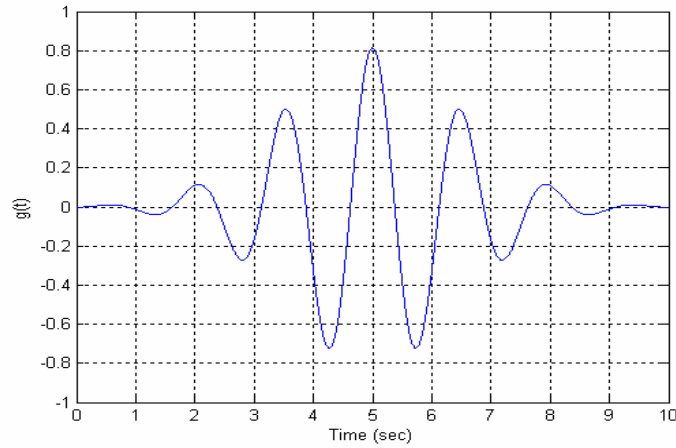


圖1、高斯母波信號波形圖

連續小波轉換，以下簡稱CWT。閃爍電壓信號 $v(t)$ 之CWT 可由下列式子，計算得知：

$$CWT_v(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} v(t) \cdot \psi_{a,b}^*(t) dt \quad (1)$$

$$\psi_{a,b}(t) = (a)^{-1/2} \psi \left[ \frac{(t-b)}{a} \right], a > 0, b \in R \quad (2)$$

其中  $a$  為小波之縮放參數(dilation parameter)， $b$  為平移參數(translation parameter)，或稱時間位移(time shift)。 $\psi_{a,b}^*(t)$  為母波函數  $\psi(t)$  經過縮放位移後取共軛複數的函數版本。

在此選擇高斯小波作為母波函數  $\psi(t)$  [11]：

$$\psi(t) = e^{(j2\pi \cdot f_0 \cdot ((t-b)/a) - 0.5((t-b)/a)^2)} \quad (3)$$

其中  $f_0$  為高斯母波頻率。圖 1 為高斯母波  $g(t)$  的波形圖。

圖 2 為調整母波縮放參數  $a$ ，造成在同一段時間中，母波波形，產生疏密寬窄不同的效果。以此作為信號的基底函數。

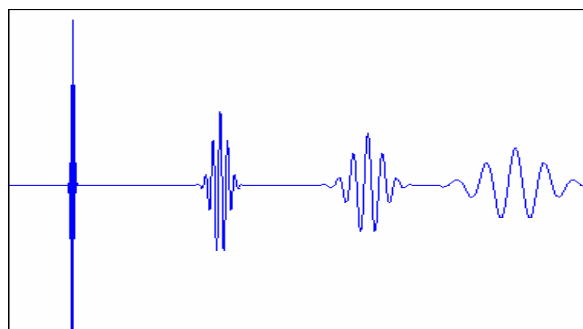


圖 2、調變母波縮放參數之效果



傳統的小波轉換處理方式，為調整母波的縮放與平移參數，再與信號作 CWT 運算。但由於母波縮放平移參數調整的策略與選擇的方法，太過繁瑣。故本文提出的方法為固定母波函數的縮放平移參數，但改變母波函數中的頻率參數  $f_0$ ，造成母波波形密度的變化，再與信號作 CWT 運算。

圖 3 為調整母波頻率  $f_0$ ，造成在相同時間長度下，母波密度改變。而  $f_0$  的範圍選擇，取決於電壓閃爍分析的上下限。本篇論文中，偵測電壓閃爍的範圍為 0.1Hz 至 30Hz。選擇  $f_0$  最低頻率  $f_l$  為 0.1，最高頻率  $f_h$  為 30Hz。而調整母波頻率的增量，則由分析所需要的精準度決定。精準度越高，分析計算量越多，分析時間也越長。

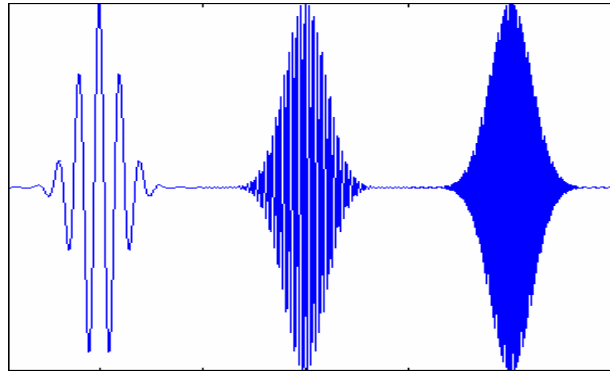


圖 3、調變母波頻率之效果

以電壓閃爍為例，其小波轉換處理方式說明如下。在穩態系統中，電壓閃爍的波形，可以以式(4)表示之：

$$v(t) = \sqrt{2} \left[ V + \sum V_k \sin(2\pi f_k t) \right] \sin(2\pi f t) \quad (4)$$

其中  $V$  與  $f$  分別代表基頻電壓方均根值(Root Mean Square, RMS)及系統頻率。 $f_k$  為閃爍頻率， $V_k$  為在  $f_k$  時的閃爍電壓。 $f_k$  範圍為  $f_l$  至  $f_h$  之間。我們可以將式(4)中的  $v(t)$  改寫成另一形式：

$$v(t) = A \sin(2\pi f t) + \sum A_k \cos(2\pi f_k^- t) - \sum A_k \cos(2\pi f_k^+ t) \quad (5)$$

其中

$$A = \sqrt{2}V \quad (6)$$

$$A_k = \frac{\sqrt{2}V_k}{2} \quad (7)$$

$$f_k^- = f - f_k \quad (8)$$

$$f_k^+ = f + f_k \quad (9)$$

由式(5)至式(9)，可看出  $v(t)$  由系統頻率弦波與閃爍頻率弦波所組合而成。我們努力的方向是粹取出閃爍部分的頻率和振幅。電壓閃爍的振幅  $V_k$  可計算如下：

$$V_k = C |CWT(v_0)| \quad (10)$$

其中  $V_k$  為閃爍電壓， $CWT(V_0)$  為以頻率  $f_0$  的母波對輸入波形  $v(t)$  作 CWT 的原始運算結果。由於下述因素，CWT 運算結果很難完全等值於輸入信號實際的閃爍振幅，故增加一修正常數  $C$ ，使 CWT 值更接近實際閃爍振幅大小。 $C$  為修正常數，受到系統取樣頻率、濾波器的長度等因素有關。在本論文中，修正常數  $C$  定義為 1.1627。如圖 4，為一系統頻率 60Hz，閃爍頻率 10Hz 之電壓波形圖。

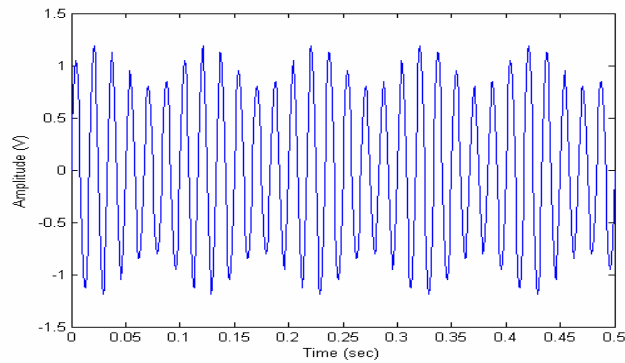


圖 4、電壓閃爍波形

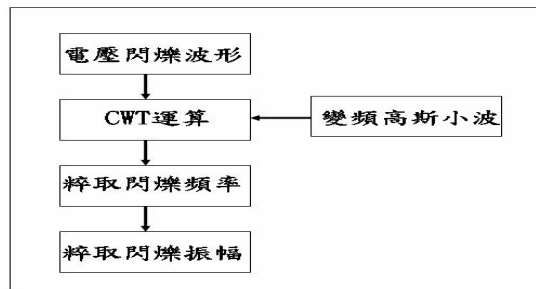


圖 5、電壓閃爍分析流程圖

### 分析流程

離散小波轉換可在不同時間解析層、不同頻率下分析資料，此原理我們稱做多層解析度分析 (Multi Resolution Analysis, MRA)。即在不同的窗寬度 (Window Sizes) 分析資料。當以較大的窗分析信號，我們著重信號的廣域行為。當以較小的窗分析信號，著重的則是信號的區域特性。小波轉換可以靈巧地同時信號掌握時域和頻域間的特性。而小波轉換的基底函數具有自動縮張的特性，低頻訊息使用較寬的時間區間，高頻訊息使用較窄的時間區間。因此將其運用電力擾動上，可有效偵測出事件發生時間。選擇合適之濾波器係數，可同樣達成小波轉換。在此，本研究擬選用 Daubechies 濾波器組係數，達成 Daubechies 小波轉換之效果。其中使用有限脈衝響應數位濾波器實現 Daubechies 小波為母波的離散小波轉換。圖 6 為此系統架構圖。Daubechies 濾波器組由一高通濾波器及一低通濾波器組合而成。濾波器長度的選擇長度越長，其結果精準度越高，長度越短精準度越差。相對地，濾波器長度越長，濾波器係數也越多，計算量更高。若要以硬體實現，也越複雜。故需使用者依據實際測量情況選擇適當的濾波器長度。

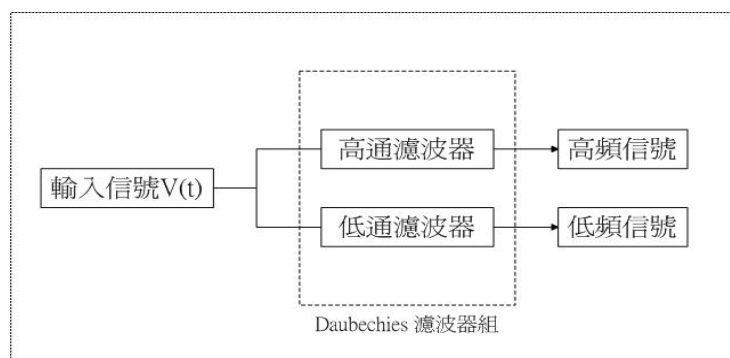
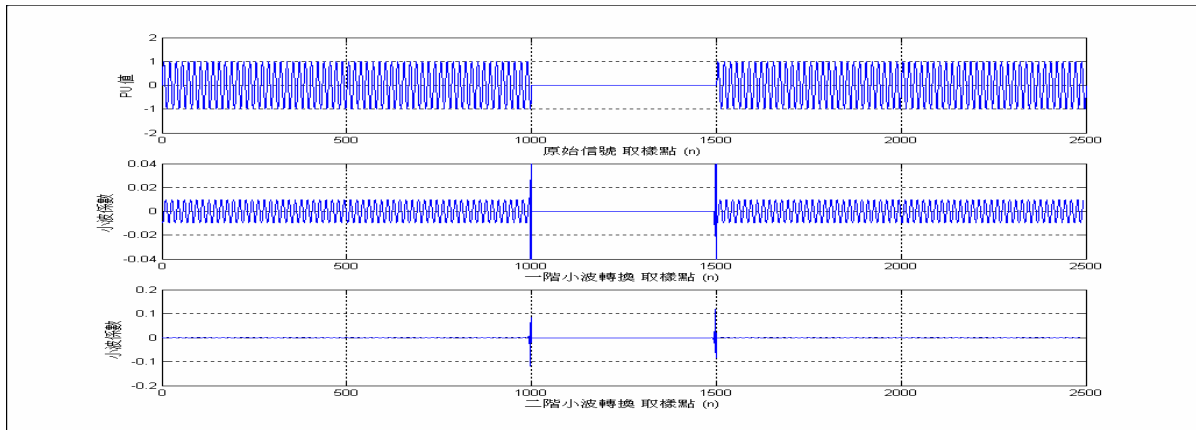


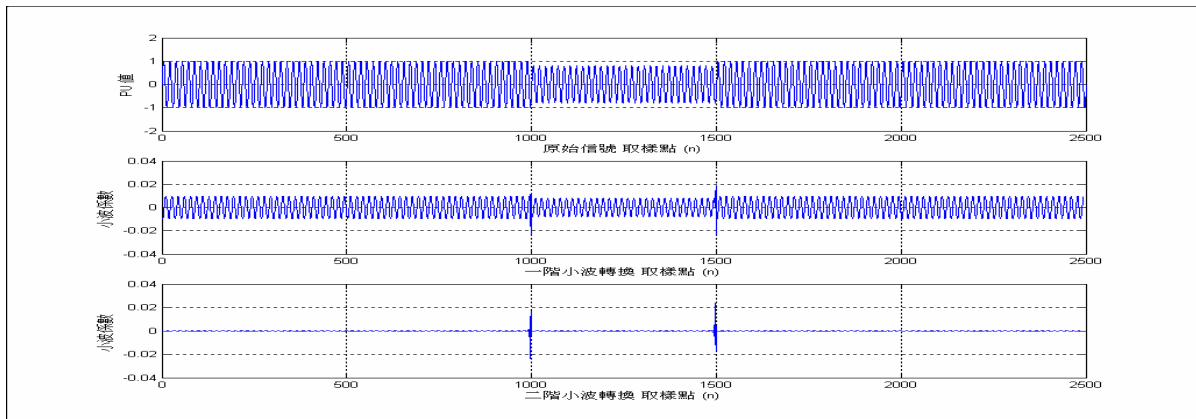
圖 6、利用數位濾波器建構小波轉換架構圖

## 5. 結果與討論

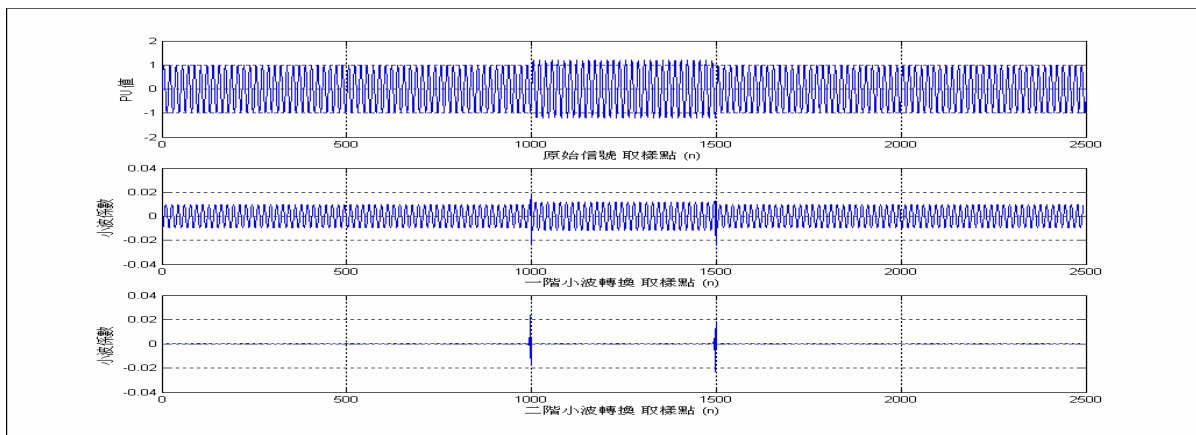
圖 7 為模擬結果，分別為電壓中斷、電壓驟降、電壓驟升三種短時不良電力品質事件。圖 7(a) 上圖為電壓中斷波形，在第 1000 至第 1500 個取樣點發生電壓中斷事件。圖 7(a) 中圖為經過一次 Daubechies 小波轉換後之結果，其波形與原始波形量值有些許差異，但仍不明顯。為求分析更為準確，故將已經過一次 Daubechies 小波轉換後的信號，再串接一組 Daubechies 高通濾波器，作第二次小波轉換。模擬結果如圖 7(a) 下圖。明顯看出，在第 1000 和第 1500 取樣點附近，小波係數值有明顯的變化。波形顯示有突升、突降情形。由此突升突降的波形，我們可以知道事件發生與結束的時間，以下統稱異常點。圖 7(b)、7(c) 分別為電壓驟降與電壓驟升之測試範例，其圖形順序安排與圖 7(a) 相同。由測試結果顯示，只需經由二次之 Daubechies 8 小波轉換，即可獲得事件發生點。



(a)



(b)



(c)

圖 7、模擬結果 (a)電壓中斷 (b)電壓驟降 (c)電壓驟升

若以發展電力品質即時監測系統為目的，本文提出之方法，相當容易數位化於系統中。利用小波轉換分析，系統可感測電力品質異常點，粹取異常點之出現時間。此時對系統端發出一脈衝訊號。當異常點結束時，再對系統發出另一脈衝訊號。電力品質監測系統即可利用本身的操作時脈(Operation Clock Cycle)，根據兩次脈衝訊號間經過多少個時脈，即可計算出此事件持續時間。此資訊可供系統操作者，作進一步的資料分析或應用。為測試本計畫所提方法之準確性，我們模擬產生許多帶有不同閃爍頻率與振幅之電壓波形。其中系統基本頻率  $f$  為 60Hz。本文例舉其中參個測試例子，這參組測試電壓波形其閃爍頻率與閃爍電壓分別為，10Hz/0.2V；10Hz/0.2V 與 20Hz/0.1V；10Hz/0.2V，15Hz/0.15 與 20Hz/0.1V，如圖 8、圖 9 和圖 10 所示。經過小波轉換後，依據頻率大小順序排列其 CWT 值。圖 11、圖 12 和圖 13 分別為此測試範例之小波轉換結果。可明顯發現到，越接近閃爍頻率，其 CWT 值越大。而峰值所在的頻率即是閃爍頻率。至於閃爍電壓則可由式(10)，並修正原始 CWT 值使其更準確逼近正確的振幅值。

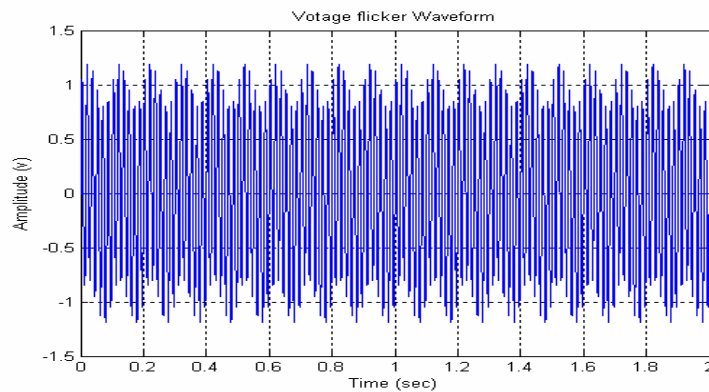


圖 8、閃爍頻率 10 Hz，振幅 0.2V 之電壓波形

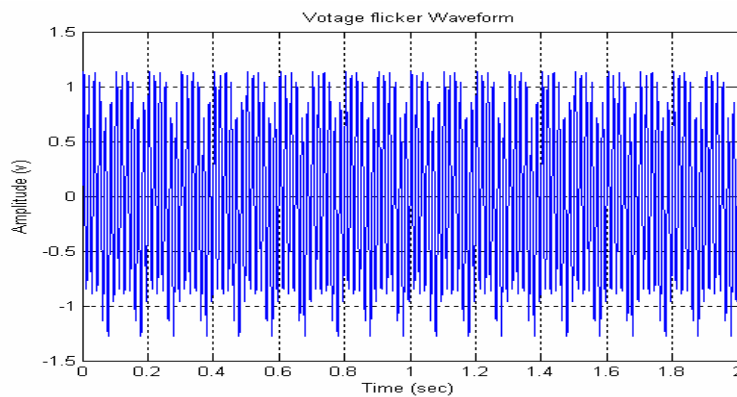


圖 9、閃爍頻率 10 Hz、20 Hz，閃爍電壓各為 0.2V、0.1V，之電壓波形

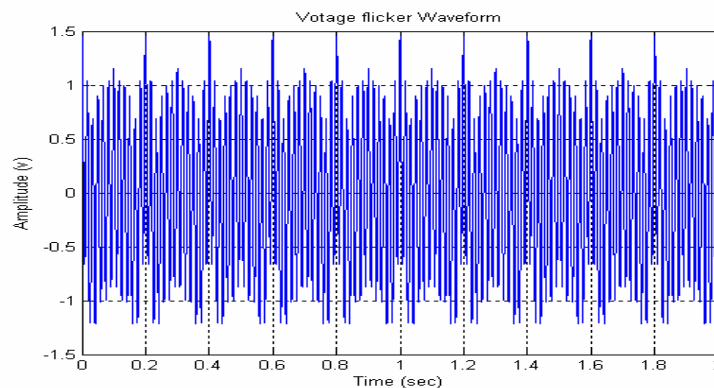


圖 10、閃爍頻率 10 Hz、15 Hz、20 Hz，閃爍電壓各為 0.2V、0.15V、0.1V 之電壓波形

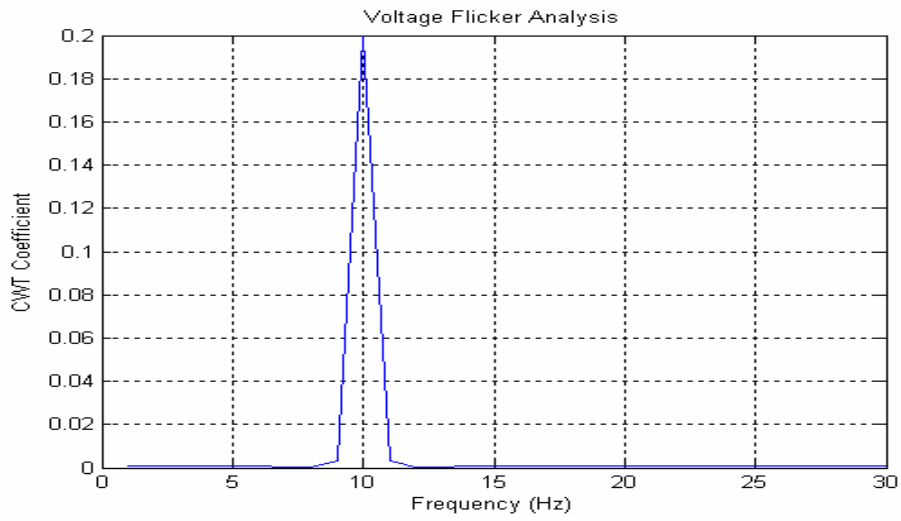


圖 11、圖 8 經小波轉換分析結果

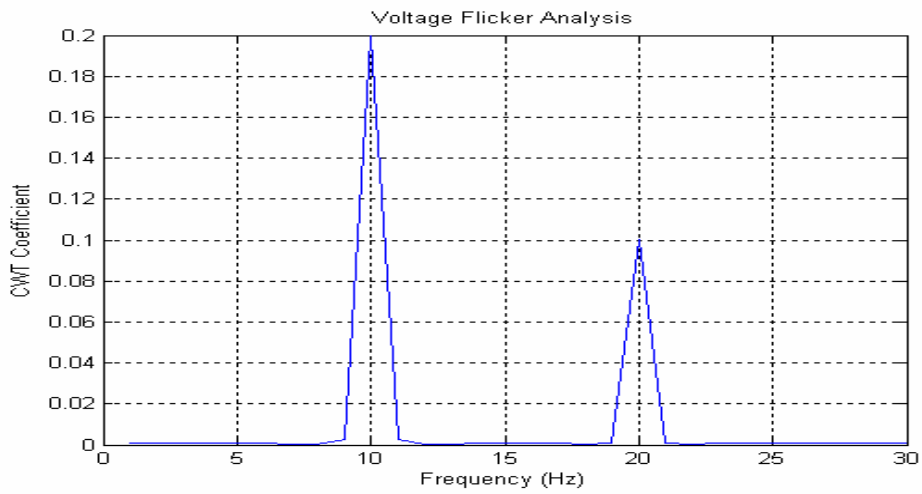


圖 12、圖 9 經小波轉換分析結果

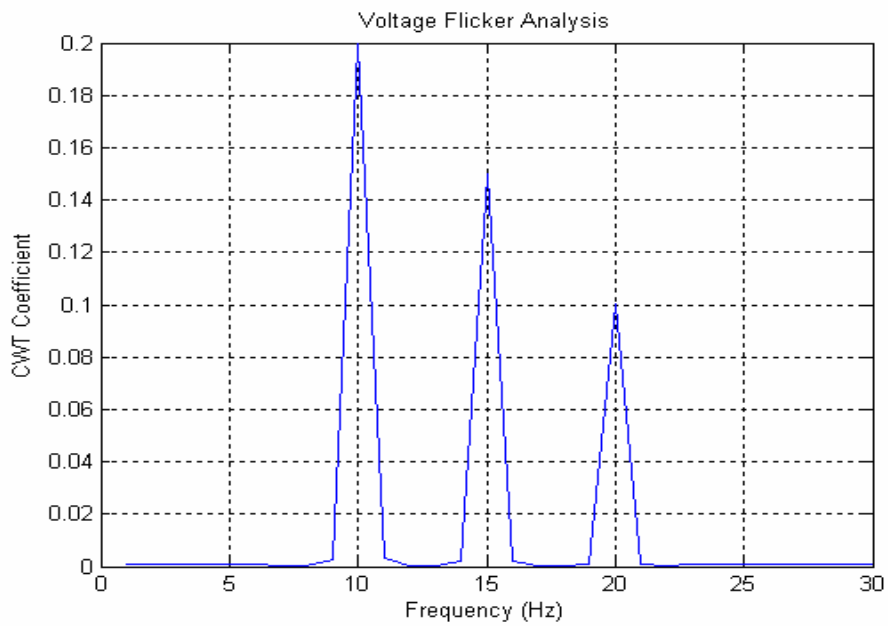


圖 13、圖 10 經小波轉換分析結果

表 1 為利用本文提出之小波轉換與傳統傅立葉轉換處理電壓閃爍問題之效能比較表，其

中小波轉換之誤差平均較傅力葉轉換小。由資料顯示，小波轉換較傅立葉轉換更能準確分析出電壓閃爍頻率與振幅大小。

表 1、小波轉換與傅立葉轉換效能比較表

方法 範例	實際值		小波轉換		傅立葉轉換	
	振幅	頻率	振幅 (誤差)	頻率 (誤差)	振幅 (誤差)	頻率 (誤差)
範例 1	0.2V	10 Hz	0.19979 V (-0.00021)	10 Hz(0)	0.2154 V (+0.0154)	9.765 Hz (-0.235)
範例 2	0.2V 0.1V	10 Hz 20 Hz	0.19984 V (0.00016) 0.10035 V (+0.00035)	10 Hz(0) 20 Hz(0)	0.2205 V (+0.0205) 0.0953 V (-0.0047)	9.766 Hz (+0.234) 19.531 Hz (-0.469)
範例 3	0.2V 0.15V 0.1V	10 Hz 15 Hz 20 Hz	0.19984 V (-0.00016) 0.15001 V (+0.00001) 0.10034 V (+0.00034)	10 Hz(0) 15 Hz(0) 20 Hz(0)	0.2158 V (+0.0158) 0.1349 V (-0.0151) 0.0896 V (-0.0104)	9.765 Hz (-0.235) 15.625 Hz (+0.625) 19.531 Hz (-0.469)
誤差均方根值	—	—	$2.3576 \times 10^{-4}$	0	0.014522	0.407380

## 6. 參考文獻

- [1] 江榮城，顏世雄，劉志放，吳啟瑞和王俊傑，“並聯電容量對工業饋線諧波潮流之影響”中華民國第十四屆電力工程研討會，pp.3 44~350，中壢，1993。
- [2] 胡忠興，吳啟瑞，顏世雄，陳雲武，吳博安，邱清泉和黃金選，“配電系統之諧波對配電主變壓器運轉的影響”，中華民國第十七屆電力工程研討會，pp. 1~5，新竹，1996年。
- [3] 郭麟英，“電力諧波計畫及書審作業之OA化”，台電工程月刊，第533期，民國八十二年，一月，pp. 36-47。
- [4] 江榮成和廖清榮，“靜態變頻器應用於大型電動機動時之諧波問題探討與改善研究”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [5] 江榮城、廖清榮和郭宗益，“大用戶諧波污染事故調查與分析”，第十八屆電力工程研討會，民國八十六年，十一月八、九日，台北。
- [6] 胡忠興、吳啟瑞、吳博安和黃金選，“高壓配電饋線之諧波測量與分析”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [7] 韋志承、李親民、王延年、江世鑫、江榮成、廖清榮、張文耀和郭宗益，“諧波電壓對感應電動機溫昇與使用壽命之影響”，第十八屆電力工程研討會，民國八十六年，十一月八、九日，台北。
- [8] 吳啟瑞、顏世雄和李尚毅，“為排除並聯共振問題的諧波濾波器設計”，第十八屆電力工程研討會，民國八十六年，十一月八、九日，台北。
- [9] 陳朝順、顏義和、何信龍，“諧波污染之配電系統的虛功補償設計”，中華民國第十四屆電力工程研討會論文集，pp. 364-370。
- [10] 陳朝順、顏義和、陳思欽，“電力系統中之濾波器設計”，中華民國第十四屆電力工程研討會論文集，pp. 155-160。

- [11] 洪穎怡、陳奕廷和許毓仁，“電力諧波潮流之探討”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [12] 何金滿和陳榮修，“諧波對輸配級電纜之影響分析”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [13] 何金滿和邱德霖，“諧波對電力電容器之影響分析”，第十八屆電力工程研討會，民國八十六年，十一月八、九日，台北。
- [14] 洪穎怡，陳奕廷，許毓仁，“三相最佳諧波電力潮流”中華民國第十七屆電力工程研討會，pp. 560~564，新竹，1996。
- [15] 何金滿，陳榮修，“諧波對輸配電級電纜之影響分析”中華民國第十六屆電力工程研討會，pp. 55-60，高雄，1995。
- [16] 會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [17] 黃慶連、林清一、蘇偉府、呂順利和陳金鈴，“混和式濾波器用於配電系統之控制策略”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [18] 黃慶連，李新本，林清一和陳春竹，“諧波電源效應下變壓器特性分析”中華民國第十七屆電力工程研討會，pp. 692~696，新竹，1996。
- [19] 黃慶連，王醴和陳裕明，“隨機變動諧波電流之分析研究”，中華民國第十五屆電力工程研討會，pp. 513-519，台南市，1994年。
- [20] 黃慶連，林清一，呂順利，蘇信府，“電力需求側之諧波量測與評估”，中華民國第十六屆電力工程研討會，pp. 71-81，高雄，1995年。
- [21] 詹舜宇、張永農、蔡育哲和莫清賢，“電力暫態之諧波分析與測量”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [22] 吳英泰、吳黎明、王漢昆和潘晴財，“單晶片微算機控制之主動式電力濾波器”，第十四屆電力工程研討會，民國八十二年，十二月十七日，中壢，pp. 225-229。
- [23] 張錠玉和潘晴財，“高效率主動型之濾波器”，第十二屆電力工程研討會，民國八十年，十二月十九、二十日，台北，pp. 121-128。
- [24] 孫思璋、蕭瑛東、劉志文、周至如、張文英、藍建義、周翌生“以模擬退火演算法進行電力諧波濾波器之設計”，中華民國第十六屆電力工程研討會論文集，pp. 1-5。
- [25] 周翌生、劉志文、周至如、蕭瑛東、張文英和藍建義，“台鐵南港變電所諧波量測與分析”，第十六屆電力工程研討會，民國八十四年，十一月二十四、二十五日，高雄，pp. 8-12。
- [26] 李清吟，古碧源，陳世昌，吳俊達，王志傑，陳文永，鄭書文和王新喜，“電力諧波對三相感應電動機之影響”中華民國第十七屆電力工程研討會，pp. 701~705，新竹，1996。
- [27] 宓哲民，陳明堂，“輸入電源諧波對日光燈效應探討”中華民國第十五屆電力工程研討會，PP. 529-536，台南市，1994年。
- [28] 林昆平“工業配電諧波問題之改善”，台灣大學電機研究所碩士論文。
- [29] G. Manchur and C.Cc Erven, “Development of a Model for Predicting Flicker form Electric Arc Furnaces”, IEEE Trans, on power Delivery, Vol. 7, No. 1, Jan. 1992, pp. 416-426.
- [30] K. Hartana and Gill G. Richards , “Constrained Neural Network-Based Identification of

- Harmonic Sources”, IEEE Transactions on Industry Application, VoL.29, No.1, January/February 1993.
- [31] R.K. Hartana, and G. G. Richards, “Harmonic Source Monitoring and Identification Using Neural Networks”, IEEE Transactions on Power Systems, Vol.5, No.4, November 1990.
- [32] M.I. Santoso and O.T. Tan, “Neural-Net Based Real-time Control of Capacitors Installed on Distribution Systems,” Paper 89 SM 768-3 PERS, presented at the IEEE /PES 1989 Summer Meeting.
- [33] H. Mori, K. Itou, H. Uematsu and S. Tsuzuki, “An Artificial Neural-Net Based Method for Predicting Power System Voltage Harmonics”, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.7, No.1, January 1991.
- [34] C.K. Duffey, and R. P. Stratfort, “Update of Harmonic standard IEEE-519: IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 25, No. 3, pp.1025-1034, 1989.
- [35] J. Arrillaga, D. A. Bradley and P.S. Bodger “Power System Harmonic,” John Wiley & Sons Ltd. 1989.
- [36] D. A. Gonzalez and J. C. McCall, “Design of Filters to reduce Harmonic Distortion in Industrial Power Systems,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-23, No.3, pp.504-511, 1987.
- [37] E. Peter, “Harmonic Measurements in Industrial Power System,” IEEE 1994 Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp.105-115.
- [38] R.K. Hartana and G. G. Richards, “Comparing Capacitive and LC Compensators for Power Factor Correction and Voltage Harmonic Reduction,” Electric Power System Research, Vol. 17, 1989, pp.57-64.
- [39] S. Ramalyer, K. Ramachandran and S. Hariharan, “Optimal Reactive Power Allocation for Improved System Performance,” IEEE Transactions on PAS, Vol. PAS-103, No. 6, June 1984, pp.1509-1515.
- [40] IEEE Guide for Harmonic Control and Reactive Compensation of Static Power Converters, IEEE Standard 519-1981.
- [41] “台灣電力公司諧波抑制標準”，台灣電力公司。
- [42] Emile Aarts and Jan Korst, “Simulated Annealing and Boltzmann machines,” John Wiley & Sons Ltd. 1989.
- [43] S. R. White, “Concepts of Scale in Simulated Annealing”, Proc. Int. Conference Computer Design, pp. 645-651, Oct. 1984.
- [44] J. Lam and K. J. Supowit, “Logic Minimization using Simulated Annealing,” IEEE Int. Conference on Computer-Aided Design, Santa Clara, pp. 348-351.
- [45] L. Angrisani, P. Daponte, “Thin thickness measurements by means of a wavelet transform based method,” Measurement Journal, Vol. 20, No. 4, Oct. 1997, pp. 226-242.
- [46] M. Vetterli, C. Herley, “Wavelets and filter banks: theory and design,” IEEE Trans. On Sig. Proc., Step. 1992, pp. 2207-2232.



## 7. 計畫成果自評

本計畫研發泛用型可攜式電力品質量測分析警示儀之系統晶片，可應用於電力系統之電力品質之量測與分析，並提供電力品質嚴重等級指標與警示。本計畫分三年進行，本報告為第一年之部分，完成電力品質分析演算法，其中就典型之電力品質問題—諧波、電壓閃爍、電壓突升或突降、電力中斷、三相不平衡等，分別利用小波轉換技術分析其中特性，如大小、頻率、區間、發生率等等。計畫執行成果與預期目標相符。可提供電力品質相容與干擾等問題之分析與對策研究之用。參與之工作人員，可獲知相關之訓練，熟悉電力品質問題。關於學術研究方面之成果除在全國電力研討會發表外，並將之投稿IEEE。

本計畫研究成果相關發表論文：

- [1] **Y. T. Hsiao**, C.H. Chen and H.W. Cheng, "Optimal Design for LC Power Harmonic Filters," *International Journal of Power and Energy Systems*, Vol. 25, No.1, 2005, pp. 24-32. (EI)
- [2] **Y. T. Hsiao**, C. L. Chuang, J. A. Jiang, "Recognition of Power Quality Events Using Wavelet Based Dynamic Structure Neural Network," *Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on Circuit and Systems*, Kobe, Japan, May 23-26, 2005.
- [3] C. L. Chuang, Y. L. Lu, T. L. Huang, and **Y. T. Hsiao**, "Recognition of Multiple PQ Disturbances Using Wavelet-based Neural Networks—Part 1: Theoretical Introduction," accepted for *the IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2005*, Asia Pacific, Dalian, China, Aug. 14-18, 2005.
- [4] C. L. Chuang, Y. L. Lu, T. L. Huang, and **Y. T. Hsiao**, "Recognition of Multiple PQ Disturbances Using Wavelet-based Neural Networks—Part 2: Implementation and Applications," accepted for *the IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2005*, Asia Pacific, Dalian, China, Aug. 14-18, 2005