

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 自動功因修正系統保護之研究(II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-168-010-

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：吳晉昌

共同主持人：周宏亮

計畫參與人員：黃常新、蔡昌明

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 5 日

## 自動功因修正系統保護之研究(II)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2213-E-168-010

執行期間：92年8月1日至 93年7月31日

計畫主持人：吳晉昌

共同主持人：周宏亮

計畫參與人員：黃常新、蔡昌明

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：崑山科技大學電機工程系

中 華 民 國 93 年 8 月 20 日

## 自動功因修正系統保護之研究(II)

### The Study of Protection Method for Automatic Power Factor Regulator (II)

計畫編號：NSC 92-2213-E-168-010

執行期間：92年8月1日至93年7月31日

主持人：吳晉昌 崑山科技大學 電機工程系

共同主持人：周宏亮

計畫參與人員：黃常新、蔡昌明

#### 中文摘要

近年來，由於非線性負載的使用快速成長，其所產生之大量諧波電流造成配電系統之污染，甚至造成電力中斷及工安事故，特別是對電力電容器的影響尤其嚴重。因此，本計劃擬提出一諧波污染下自動功因修正系統保護方法之研究。本計劃擬分三年來進行，本年度為第二年計劃，以第一年所發展之自動功因修正系統為基礎，繼續強化自動功因修正系統中電力電容器組之保護技術，擬發展之電力電容器組保護技術為一種新的開關架構及控制方法來抑制電容器投入瞬間之湧入電流及切離時之暫態高壓，以延長電力電容器及開關設備之壽命；並利用諧振頻率偏移技術，使諧振頻率偏離主要諧波頻率，以保護電容器組免於諧振破壞，提高自動功因修正系統之可靠度。

關鍵詞：湧入電流，諧波，諧振

#### Abstract

The power electronic related equipment has been widely used, and its nonlinear characteristic has resulted in the problem of harmonic pollution. The harmonic pollution will degrade the power quality, and it may result in the power interruption even industry accidents. The harmonic pollution has a serious effect to the power capacitor. In this project, the method to improve the harmonic effect to the power capacitor will be proposed. This project is divided into three years. The project of first year is to implement an automatic power factor regulator (APFR). The project of second year is to develop the protection technology. A new switch module for protecting the power capacitor from inrush current has been developed. Besides, a new protection method for protecting the power capacitor from harmonic resonance was also developed. The basic concept of harmonic resonance protection is to avoid the power capacitor resonance by changing the parameters capacitor to deviate the resonance frequency.

Keywords : inrush current, harmonic, resonance.

## 一、前言及文獻探討

電力系統中大部分的負載為電感性，而該電感性負載會吸收虛功率而造成落後功因，使得需以較大之電流才能傳送相同預期之實功率，因而降低輸配電系統的傳輸效率，並增大負載端之電壓調整率，所以台電公司的“營業規則”中規定功率因數以百分之八十為基準，低於百分之八十則每低百分之一，該月分電費增加千分之三，所以工業用戶為了滿足台電公司的規定，以降低電費，均會裝置虛功補償系統，目前虛功補償系統包含電容器組，靜態虛功補償器，同步調相機等，在成本考量下，工業界大多採用以電容器組為主的虛功補償技術，若採用固定電容器組來補償虛功，因為補償的虛功量無法隨負載變動，將造成在輕載時過補償，而使功率因數反而降低，且造成過電壓而可能破壞鄰近之用電設備，所以目前工業界大都採用自動功因修正系統，使用多組電容器利用電磁開關來決定投入之電容器數目，它的虛功補償量是分段調整的，無法線性調整，因此補償後無法達到單位功因；另外又有將電容器組再配合閘流體(thyristor)來作為虛功補償量調整之技術，其中包含閘流體切換電容器(Thyristor-Switched Capacitor TSC)、閘流體控制電抗器(Thyristor-Controlled Reactor TCR)、固定電容閘流體控制電抗器(Fixed Capacitor, Thyristor-Controlled Reactors FC-TCR)及閘流體切換電容閘流體控制電抗器(TSC-TCR)等[1-3]，閘流體切換電容器與自動功因修正系統類似，只是開關元件由電磁開關改為閘流體；而閘流體控制電抗器，固定電容閘流體控制電抗器及閘流體切換電容閘流體控制電抗器雖可線性調整補償虛功量，但卻由於控制電抗器之閘流體沒有導通整個週期而將產生諧波電流，綜合以上技術，無論開關設備為何，虛功補償均需採用電容器，根據研究，在電力系統中使用電力電容器的容量約佔電力系統的 25%至 35%，在某些系統

甚至高達 50%[4]。

另一方面，近年來由於輸配電系統上非線性負載的使用快速成長，如不斷電系統(UPS)，整流器(rectifier)，變頻器(cycle-converter)及馬達驅動器等，這些負載將產生大量的諧波電流回饋到輸配電系統，造成配電系統之諧波污染，因而導致系統電壓波形畸變，影響供電品質，而電容器的阻抗隨頻率增大而下降，因此在輸配電系中虛功補償電容器將成為諧波電流的低阻抗路徑，更甚的是虛功補償電容器可能與系統電抗產生串/並聯諧振，若其諧振頻率等於或接近諧波電流頻率，則將造成諧波放大，產生非常大的諧波電壓及電流，可能破壞電容器及鄰近之電力設備[4-14]，近年來由於諧波污染嚴重，在工業界造成電容器的破壞頻傳，因此電容器的裝設必須非常小心，以免造成嚴重的破壞。

近年來，另外一種靜態虛功補償技術被發展出來[15-17]，它是利用純粹電力電子元件組成之電力轉換器(power converter)來產生所需之虛功，它可依據負載隨時調整虛功補償量，且無被動式電容器所可能產生與系統電抗諧振之缺點，但它卻受限於電力轉換器之容量及損失，且價格昂貴，而限制其實用性。另外一種一樣以電力轉換器為基礎之技術為主動式電力濾波器[18-20]，它除了可解決虛功補償問題外，尚可濾除非線性負載所產生之諧波電流，但它一樣受限於電力轉換器之容量及損失，且價格昂貴，而限制其實用性。

因此如何發展一價格合理，而性能優越的虛功補償系統以滿足工業界所需，是目前重要的研究課題。

## 二、目的

本研究計劃之目的在發展一套具有諧振保護及抑制湧入電流之功因修正系統，能使補償後之系統功因接近單位功因，並防止電容器投入時產生過大之湧入電流及

諧波環境下所造成之破壞。本計畫第一年將發展一套單晶片微處理器控制之自動功因修正系統，第二年將發展電容器投入湧入電流之抑制技術及諧振保護技術。

### 三、研究方法

本年度將以第一年所發展之自動功因修正系統為基礎，再加強電容器之保護，主要包含藉由自動功因修正系統開關設備之控制以抑制電容投入時之湧入電流及防止電容器諧振破壞，以延長電容器之壽命，提升自動功因修正系統之可靠度，以下將分別描述。

一般自動功因修正系統中電容器組之開關設配均採用電磁開關，然而電磁開關動作時間需要數毫秒到數十毫秒，因此無法精確控制電容器投入或切離時間，而電容器之電壓與電流之關係為

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

由式 (1) 可發現電容器電流與跨在電容器之電壓微分值成正比，因此若電容器之投入時間不在其電壓為零時，則電容器在投入瞬間將產生相當大的湧入電流，它可能高達電容器常態電流之數十倍到數百倍，視投入相角及配電系統之阻抗及鄰近負載而定，若投入相角愈接近 90 度，則由於投入瞬間電容器之電壓差愈大，因此投入瞬間之湧入電流將愈大；此外系統電抗愈小則電容器之湧入電流愈大，且若同一匯流排有其它已投入之電容器時則湧入電流將更大，因此自動功因修正系統之湧入電流問題將非常嚴重，此湧入電流將縮短電容器壽命，且必須選用特殊之電磁開關以承受較大暫態電流。另外當切離電容器時，若其電流不等於零，則切離時在電磁開關接點上會造成電弧，此電弧將縮短電磁開關之壽命。圖 1 所示為三相電容器投入暫態電流之模擬結果，由圖中可看出電容器投入暫態時會有數百倍於穩態電流之湧入電流，一般為了抑制湧入電流，會在電容器上串聯一電抗器，此電抗器可能為 6% 或 13%，圖 2 所示為串入電抗器 6% 時電容器之投入暫態電流之模擬結果，由圖中可明顯看出電容器的湧入電流被大大的抑制，且其抑制效果正比於串聯電抗器值，但串入電感後在電容器切離時將產生更大之電弧，將更可能破壞電磁開關。

本計劃本年度將提出一新開關架構來解決湧入電流問題，該電路架構如圖 2 所示，係採用以電磁開關為主，再並聯一閘流體開關與一電阻串聯之分路，在電容器投入瞬間利用閘流體電阻分路先投入，由於閘流體可精確控制在電容電壓為零時投入，且串有一小的電阻器，因此可有效抑制單獨電容器或串有電抗器之電容器之湧入電流，由於加入一小的電阻器在閘流體開關迴路，因此即使無法精確控制在電容電壓為零時投入，亦不會產生過大之湧入電流，且在電容器串有電抗器時，小電阻器之存在更可縮短湧入電流之暫態時間；在電容器藉由閘流體開關投入後可再投入電磁開關，投入電磁開關後電容器電流將全部流經電磁開關，此時閘流體開關迴路自動關閉，因此可大幅降低整體開關之功率損失，以避免加裝散熱裝置來散熱，而減少開關體積，提高系統效率。

由於當電容器切離時，若只使用電磁開關時，由於電磁開關無法精確控制該電容器之電流在等於零時切離，因而切離時在電磁開關接點上會造成電弧，該電弧將縮短該電磁開關之壽命，因此本年度計劃所提之新開關架構在切離電容器時將先開啟電磁開關，此時由於電容器電流可流經閘流體開關迴路，所以電磁開關開器開啟時將不會產生電弧，在電容器電流接近零時閘流體開關迴路將自然截止而切離電容器，因此可延長該電磁開關之使用壽命。由於閘流體開關不論在電容器投入或切離時均只導通數毫秒到數十毫秒，依所並電磁開關之動作速度而定，因此本計劃所提新開關架構之閘流體可選用容量小於單獨使用閘流體開關之閘流體之容量，且由於電容器投入之湧入電流已被有效抑制，因此本計劃所提新開關架構之電磁開關可選用容量稍小於單獨使用電磁開關時之電磁開關容量，且由於閘流體迴路雖然串聯一小電阻，然而其導通時間甚短，因此不須考慮散熱問題。由於自動功因修正系統內電容器必須常常投入或切離，因此本方法將可有效提升電容器及開關設備的使用壽命。圖 4 所示為本計劃所提新開關之三相電容器投入暫態之模擬結果，由圖中可看出本計劃所提新開關架構在三相電容器投入瞬間幾乎沒有湧入電流。

另外，由於電容器投入配電系統後，易與系統電抗產生諧振而放大諧波電壓與電流，造成電容器之破壞，圖 5(a) 所示為一

簡單之配電系統單線圖，它含有一圖中虛功補償用電容器，為了討論電容器受諧波之影響，我們假設負載為一非線性負載，以一諧波電流源等效之，而市電電壓常因鄰近用戶之非線性負載而產生畸變，以一諧波電壓源等效，圖 5(b)所示為此簡單配電系統之諧波頻率等效電路，首先考慮非線性負載的影響，將諧波電壓源短路，由圖中我們可推得電容器電流為

$$i_{ch}(t) = \frac{Z_{sh}}{Z_{ch} + Z_{sh}} i_{ln}(t) \quad (2)$$

由於系統阻抗一般均呈電感性，因此式(1)中的分母在某一頻率下將會接近零而發生並聯諧振，在諧振時將使電容器迴路之諧波電流放大，它的振幅將可能是諧波電流源的數倍到數十倍，而且，諧振時電容端電壓亦含有大量諧波量，因此整個配電系統電力品質將嚴重惡化，甚至影響鄰近用電設備正常操作。其並聯諧振頻率為

$$\omega_p = \frac{1}{\sqrt{L_s C}} \quad (3)$$

其中  $L_s$  為系統電抗。圖四所示為電容器在非線性負載下的模擬結果，圖 6 中之模擬是假設電容器與系統電抗之諧振頻率約在 420Hz，由圖中可看出電容器電流之七次諧波被放大，其電流之有效值將由正常之 53.8A 增加到 80.6A，諧振將使電容電流增加到正常值之 1.5 倍。

另一方面，若考慮諧波電壓源產生之影響，則將諧波電流源開路，因此，流入電容器電流為

$$i_{ch}(t) = \frac{1}{Z_{ch} + Z_{sh}} v_{sh}(t) \quad (4)$$

與式(2)一樣，再某一頻率時分母將趨於零，而產生串聯諧振，諧振時電容器上的諧波電流及電壓亦將被放大數倍到數十倍，其串聯諧振頻率與式(3)相同。圖 7 所示為電容器在市電電壓失真下的模擬結果，圖 7 中之模擬亦是假設電容器與系統電抗之諧振頻率約在 420Hz，而市電電壓含有 5% 的七次諧波，由圖中可看出電容器電流之七次諧波被放大到比基波還大，其電流之有效值將由正常之 53.8A 增加到 138A，諧振將使電容電流增加到正常值之 2 倍以上。在配電系統中，鄰近負載的特性難以掌握，因此，當加入虛功補償電容器時，將可能引入大量諧波電流，且將使得供電品質進一步惡化，因

此，再考慮加入虛功補償電容器時不得不慎。

綜合以上分析，在諧波污染下之配電系統中加入虛功補償電容器將可能引發串/並聯諧振，而造成電容器上諧波電壓及電流之放大，根據 IEEE871-1、IEEEC.37.99.1991、IEEE std19-1992、IEEE std 1036-1982 及 CNS 1372-C7005 上之規定，可歸納為電容器長期操作下電壓必須限制在其額定值的 1.1 倍以下，電流必須限制在其額定值的 1.3 倍以下，因此當電容器與系統電抗產生諧振時，電容器上的電壓或電流之均方根值均可能超過安全之規定值而破壞電容器，因此，在諧波污染日益嚴重的今天，電容器事故頻傳。本計劃第二年部分除了解決電容器在投入時之湧入電流及切離時之開關電弧外，亦將提出改善電容器在諧波污染下可能的破壞，由式(3)可發現電容器與系統電抗產生之諧振頻率與電容值有關，因此，本計劃所採用之方法為系統諧振頻率偏移法，檢測出電容所在匯流排電壓送入數位信號處理器內分析出其電壓及電流諧波成分之均方根值，以判別是否發生諧波放大現象，若發生諧波放大現象，則改變投入之電容器數目，由式(3)可看出電容器變化後可改變系統之諧振頻率，避開諧波放大現象，如此，可使電容器避開諧波破壞問題。圖 8 所示為系統諧振頻率偏移之模擬結果，圖中自動功因修正系統之電容器與系統電抗產生諧振，其諧振頻率約在 300Hz，因此相控整流器所產生之 5 次諧波電流被放大，所以在圖 8(a)與(c)之市電電流及電容器電流含有大量的 5 次諧波電流，其中電容電流之均方根將大於其額定電流之 1.3 倍，因此判斷為諧振，所以圖中在 0.31 秒時加入一段電容器以使系統諧振頻率偏離 300Hz，由圖中可發現在加入一段電容器後在市電電流及電容器電流之 5 次諧波放大現被有效的抑制，電容器電流回到其額定電流之 1.3 倍以下，使電容器能安全的操作。因此初步證明本計劃所提之諧振頻率偏移技術能有效使諧振頻率避開負載的主要諧波電流頻率，以防止自動功因修正系統對負載諧波電流之諧振放大，確保自動功因修正系統能安全操作。

本年度計劃中之電容器之保護，主要包含藉由自動功因修正系統開關設備之控制以抑制電容投入時之湧入電流及防止電容器諧振破壞，防止電容器諧振破壞之功能將

利用自動功因修正系統中之數位信號處理器晶片來完成，在數位信號處理器晶片中依計算出之諧波量來決定要切入或切離之電容器數目。而開關之控制則利用較簡單之單晶片微處理器來完成，其控制電路架構如圖 9 所示，開關電壓經檢出後經一脈波信號產生器，脈波信號產生器將在開關電壓接近零時產生一脈波，此脈波信號送入單晶片微處理器作為開關投入之同步信號，另一輸入信號則來自自動功因修正系統中之數位信號處理器晶片，該信號決定該段電容器投入與否，而單晶片微處理器有兩組輸出信號，分別送到閘流體開關驅動電路及電磁開關驅動電路。當單晶片微處理器接收投入控制信號時，在等到脈波信號產生器產生之脈波信號時，同時送出高準位信號到閘流體開關驅動電路及電磁開關驅動電路，由於閘流體導通速度較快，因此閘流體開關迴路儘可能在開關電壓為零瞬間導通，而電磁開關則由於響應速度較慢，則在稍後導通；當單晶片微處理器接收切離控制信號時，則先送出低準位信號到電磁開關驅動電路，截止電磁開關，經一段時間差後再送出低準位信號到閘流體開關驅動電路，閘流體開關將在電容器電流接近零交越時自動截止。

#### 四、實測結果

圖 10 所示為三相電容器利用傳統電磁開關投入時之實測結果，由圖中可發現三相電容電流在投入瞬間會產生一相當大的湧入電流，由於實驗室之配電系統之系統阻較大，所以湧入電流較小，只有大約正常電流值之 5 倍。圖 11 所示為改用本計畫所提開關架構投入三相電容時三相電容電流之實測結果，由圖中可發現三相電容在投入瞬間幾乎不會產生一湧入電流，因此可驗證本計畫所提開關架構在投入三相電容時能有效抑制湧入電流。

圖 11 所示為系統諧振頻率偏移法之實測結果，圖中可發現在自動功因修正系統投入兩段電容器後發生諧振，數位信號處理器晶片計算出諧波電過大後，決定再投入一段電容器以避開系統諧振頻率，由圖中可發現投入第三段電容器後，三段電容器之電流均可有效縮小，它代表投入第三段電容器後確

實能有效偏移系統的諧振頻率，而使系統不會產生諧波放大，因此它證明本計畫所提系統諧振頻率偏移法能有效藉由改變自動功因修正系統所投入之電容器段數來避開系統的諧振頻率，而抑制諧振所引起之諧波電流放大。

#### 五、結果與討論

由以上之原理介紹及實測結果可發現本計畫所提之電容器開關架構在投入三相電容時能有效抑制電容器投入瞬間之湧入電流及切離時之暫態高壓，以延長電力電容器及開關設備之壽命；並利用諧振頻率偏移技術，能有效藉由改變自動功因修正系統所投入之電容器段數來避開系統的諧振頻率，而抑制諧振所引起之諧波電流放大，以保護電容器組免於諧振破壞，提高自動功因修正系統之可靠度。

#### 六、計畫成果自評

由於電力系統諧波污染日益惡化，而自動功因修正系統廣泛的被使用在工業界以補償虛功，而自動功因修正系統內之電容器易因諧振產生過載而破壞，本計畫完成一高可靠度的自動功因修正系統，以避免自動功因修正系統因湧入電流及諧振過載產生的破壞，以增加配電系統的穩定性，由實測結果可驗證本計畫所提開關架構在投入三相電容時能有效抑制湧入電流，而諧振頻率偏移技術可確實避開系統的諧振頻率，而抑制諧振所引起之諧波電流放大，以保護電容器組免於諧振破壞，因此證明本年度計畫之執行可確實提高自動功因修正系統之可靠度。

#### 七、參考資料

1. R. S. Kemerer and L. E. Berkebile, "Directly Connected Static VAR Compensation in Distribution System Applications," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 35, No. 1, 1999, pp. 176-182.
2. N. Garcia and A. Medina, "Fast Periodic Steady State Solution of Systems Containing Thyristor Switched Capacitors," IEEE PESC, 2000, pp. 1127-1132.
3. B. Lockley and G. Philpott, "Static VAR

Compensators, A Solution to the Big Motor/Weak System Problem,” IEEE IAS, 2000, pp. 307-313.

4. C. Wang, T. C. Cheng, G. Zheng, Y. D, L. Mu, B. Palk and M. Moon, “Failure Analysis of Composite Dielectric of Power Capacitors in Distribution Systems,” IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.5 No.4, August 1998, pp.583-588.
5. D. F. Miller, “Application Guide for Shunt Capacitors on Industrial Distribution Systems at Medium Voltage Levels,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 12, No. 5, September/October 1976, pp.444-458.
6. J. R. Harbaugh, J. E. Harder, “Important Considerations for Capacitor Applications in the Petroleum and Chemical Process Industries,” IEEE Transactions on Industrial Applications, Vol.IA-18, No.1, January/February 1982 , pp.31-40.
7. A. H. Moore, “ Application of Power Capacitors to Electrochemical Rectifier Systems,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.IA-13, No.5, September/October 1977, pp.399-406.
8. R. F. Dudley, C. L. Fellers, and J. A. Bonner, “Special Design Considerations for Filter Banks in Arc Furnace Installations,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.33, No.1, January/February 1997, pp.226-233.
9. M. Bishop, T. Day and A. Chaudhary, “ A Primer on Capacitor Bank Protection,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 37, No. 4, 2001, pp.1174-1179..
10. Guide for Protection of Shunt Capacitor Banks , ANSI / IEEE C37.99-1980.
11. IEEE Standard for Shunt Power Capacitor , ANSI / IEEE Std19-1992.

12. IEEE Std 1036-1982 IEEE Std for Application of Shunt Power Capacitors, Item 4.4.1, Item 4.4.2, pp.14-16.
13. IEC 871-1 Shunt Capacitors for ac systems having rated voltage above 660V (Appendix D). pp. 73-77.
14. Chinese National Standards , CNS1179-C7002 , Low Voltage Capacitor , 1981.
15. J. C. Wu, H. L. Jou, “A New UPS Scheme Provides Harmonic Suppression and Input Power Factor Correction,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.42, No.6, December 1995, pp.629-635.
16. L. Xu, V. G. Agelidis and E. Acha, “Development Considerations of DSP-Controlled PWM VSC-based STATCOM,” IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 148, No. 3, 2001, pp.449-455.
17. W. Mohan, T. M. Vndeland and W. P. Robbins, Power Electronics: Converter Applications and Design, John Wiley and Sons , New York , 1989.
18. L. Malesani, L. Rossetto and P. Tenti, “Active Filter for Reactive Power and Harmonics Compensation”, IEEE Power Electronics Specialist Conferences, 1986, pp. 321-330.
19. J. C. Wu and H. L. Jou, “A Simplified Control Method for Single-Phase Active Power Filter”, IEE Proceedings-Electric Power Application, Vol. 143, No. 3, 1996, pp.219-224.
20. H. Akagi and S. Atoh, “Control Strategy of Active Power Filter Using Multiple Voltage-Source PWM Converters”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-22, No. 3, May/June 1986, pp.460-465.

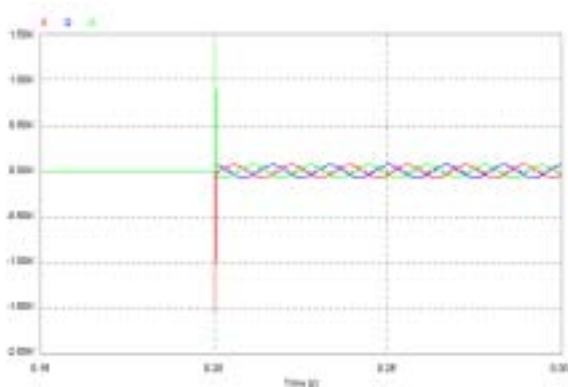


圖 1 三相電容器投入暫態之模擬結果

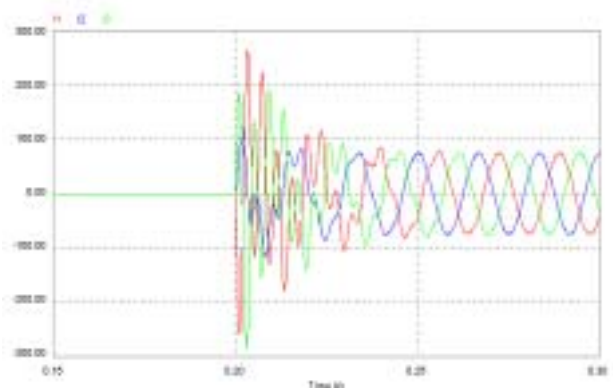


圖 2 串聯 6%電抗器時之三相電容器投入暫態之模擬結果。

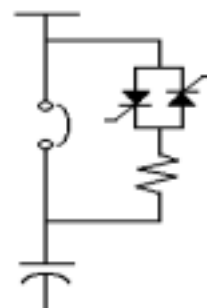


圖 3 本計劃所提新開關架構



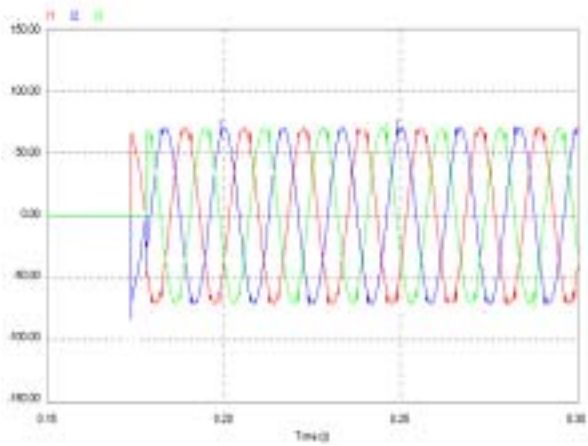


圖 4 新開關用於三相電容器投入暫態之模擬結果。

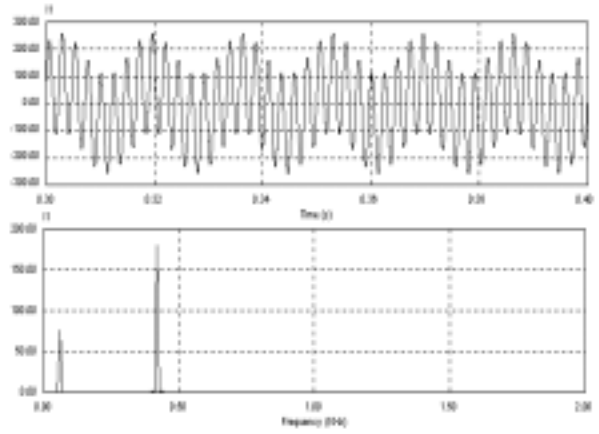
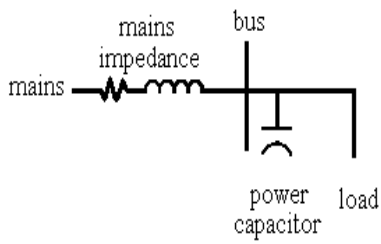
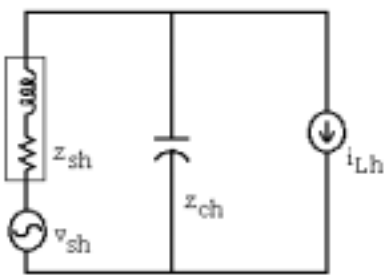


圖 7 市電電壓失真下電容器上之電流及頻譜。

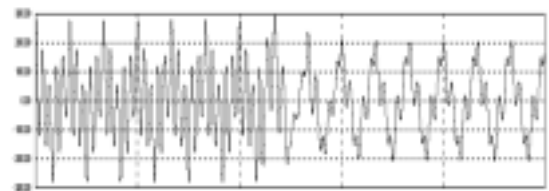


(a)

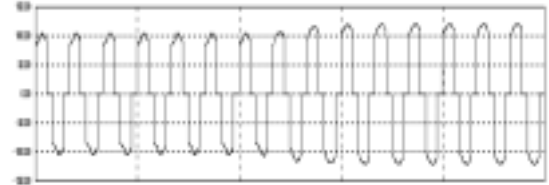


(b)

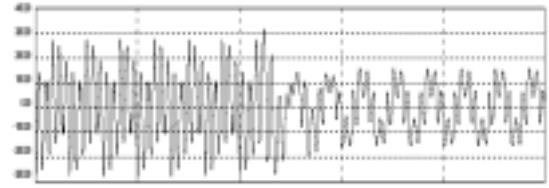
圖 5 含電容器之簡單配電系統，(a)單線圖，(b)諧波頻率等效電路。



(a)



(b)



(c)

圖 8 採用諧振頻率偏移法之模擬結果，(a)市電電流，(b)負載電流，(c)電容器電流。

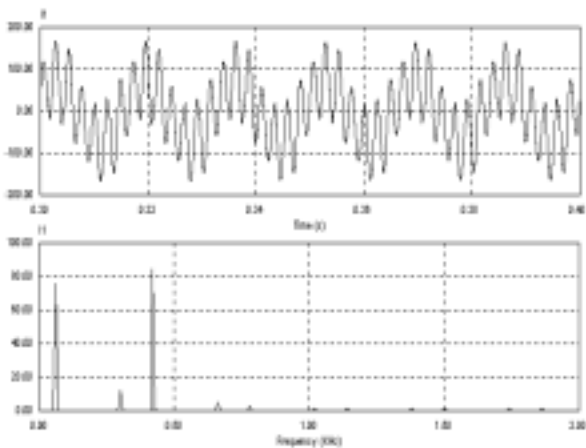


圖 6 非線性負載下電容器上之電流及頻譜。

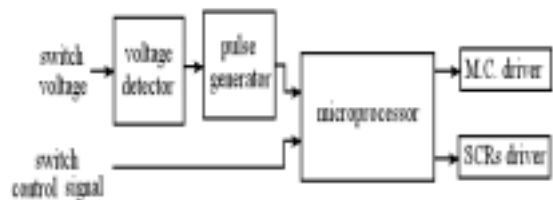


圖 9 新開關之控制方塊。

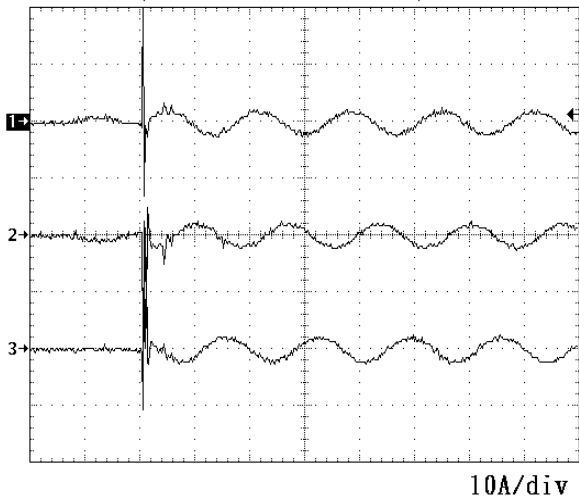


圖 10 三相電容器投入暫態之實測結果。

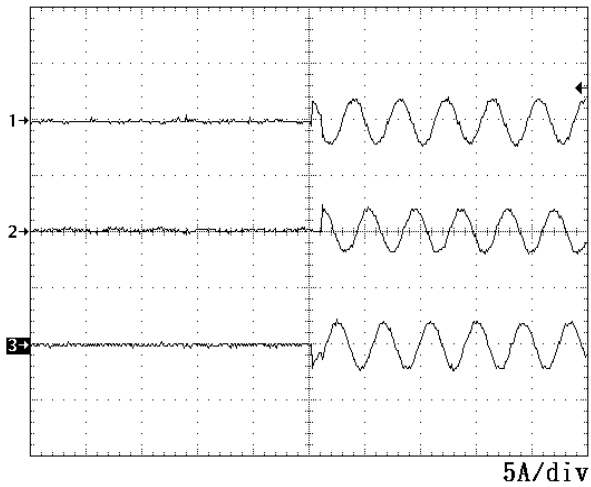


圖 11 新開關用於三相電容器投入實測結果。

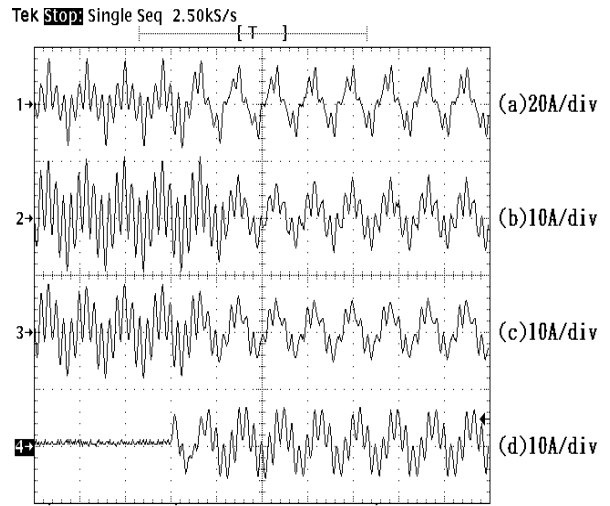


圖 12 系統諧振頻率偏移法之實測結果，(a) 市電電流，(b) 第一段電容器電流，(c) 第二段電容器電流，(d) 第三段電容器電流。

# 可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：\_\_年\_\_月\_\_日

<b>國科會補助計畫</b>	計畫名稱：自動功因修正系統保護之研究(II) 計畫主持人： 吳晉昌 計畫編號：NSC 92-2213-E-168-010 學門領域：電力工程(EL)
<b>技術/創作名稱</b>	自動功因修正系統，電容器開關
<b>發明人/創作人</b>	吳晉昌
<b>技術說明</b>	中文： 本計畫提出強化自動功因修正系統中電力電容器組之保護技術，擬發展之電力電容器組保護技術為一種新的開關架構及控制方法來抑制電容器投入瞬間之湧入電流及切離時之暫態高壓，以延長電力電容器及開關設備之壽命；並利用諧振頻率偏移技術，使諧振頻率偏離主要諧波頻率，以保護電容器組免於諧振破壞，提高自動功因修正系統之可靠度。
	英文： The project of second year is to develop the protection technology. A new switch module for protecting the power capacitor from inrush current has been developed. Besides, a new protection method for protecting the power capacitor from harmonic resonance was also developed. The basic concept of harmonic resonance protection is to avoid the power capacitor resonance by changing the parameters capacitor to deviate the resonance frequency.
<b>可利用之產業 及 可開發之產品</b>	可利用之產業：電機設備產業 可開發之產品：自動功因修正系統
<b>技術特點</b>	電容器開關 諧振保護
<b>推廣及運用的價值</b>	新的開關架構及控制方法可抑制電容器投入瞬間之湧入電流及切離時之暫態高壓，以延長電力電容器及開關設備之壽命。 利用諧振頻率偏移技術，使諧振頻率偏離主要諧波頻率，以保護電容器組免於諧振破壞，提高自動功因修正系統之可靠度。

1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。