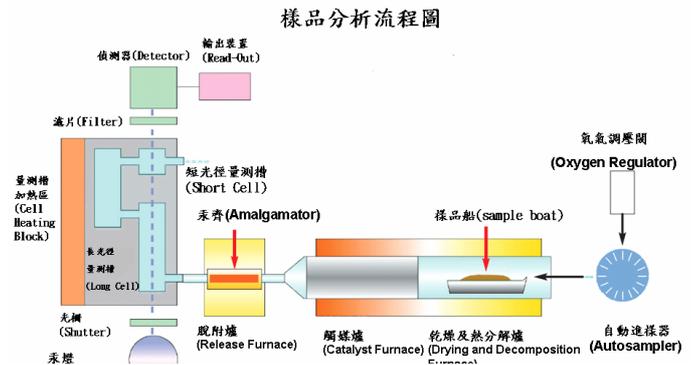




鞋類彎折試驗機



直接進樣汞分析儀樣品分析流程圖

### ◆ 專題報導

除濕機事故鑑定之研究初步發現

電氣檢驗科 技正 陳晉昇

### ◆ 檢驗技術

鞋類彎折試驗機檢測技術簡介

高分子檢驗科 技正 宋志堅

### ◆ 儀器介紹

直接進樣汞分析儀(Direct Mercury Analyzer)簡介

化學檢驗科 科長 蔡宗訓

### 出版資料

出版單位 經濟部標準檢驗局第六組

聯絡地址 台北市中正區濟南路1段4號

聯絡電話 02-23431833

傳 真 02-23921441

電子郵件 irene.lai@bsmi.gov.tw

網頁位置 <http://www.bsmi.gov.tw/>

發行人 謝翰璋

### 工作小組

主 持 人 陳光華

召 集 人 黃志文

總 編 輯 賴澄如

編 輯 陳瓊蓉 (化工領域)

謝佩君 (生化領域)

王唯穎 (化學領域)

黃宗銘 (高分子領域)

呂彥賓 (材料領域)

汪漢定 (機械領域)

陳秀綿 (電氣領域)

張彥堂 (電磁相容領域)

何蜀贛 (行政資訊)

總 校 訂 賴澄如

網頁管理 王金標 吳文正

印 製 賴澄如

# 專題報導

## 電氣產品事故模擬試驗研究—以除濕機為例

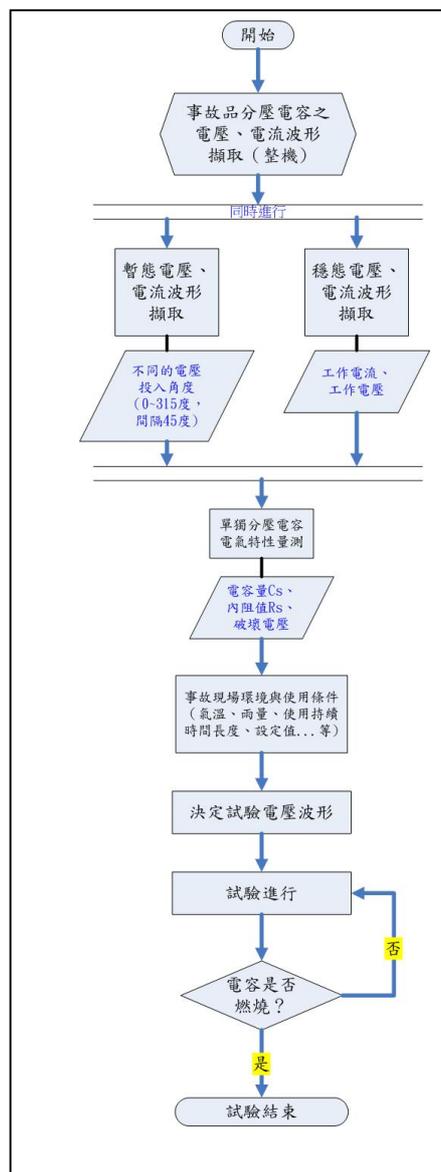
電氣檢驗科 技正 陳晉昇

### 一、研究目的及步驟

依本局商品事故通報資料顯示，到目前為止，本局接獲的通報案件中，「除濕機」案件數量佔了極大的比例。在這些案例中，大致可概分為「分壓電容型式」與「繼電器型式」。而事實上，「分壓電容型式」佔有較大比重。此種「分壓電容」的應用方式不僅在除濕機的控制電路可見，它亦廣泛地使用於其他電器產品。

雖然「分壓電容型式」的除濕機已有許多事故案例，從事故品的殘骸也已了解到起火原因應為電容，業者亦已辦理回收工作，但始終無法在試驗室實際模擬重現事故發生時產生的爆裂、燃燒情形，故為增強「分壓電容」為事故原因之證據，乃以「分壓電容型式」的事故品進行模擬研究，經過長時間多次的分析與嘗試，目前已能在試驗室中模擬重現其發生爆裂燃燒的情形。在此次研究過程中，亦獲得了蒐集許多相關資料，希望能提供作為未來相關產品檢測技術評估時之參考。

本次研究之主要目的如同前述，欲藉由模擬使用者可能的條件，重現事故結果，以下列程序進行研究。



## 二、分壓電容類型事故案例

在「分壓電容型式」類型除濕機事故通報案件中，其所使用的電容為「金屬薄膜式」電容，此種電容除了用作電源分壓之用外，亦經常使用於電源濾波用途，事實上，在一些事故案例中，也有發現電源濾波用的電容發生爆裂、燃燒情形。圖 2-1 為「金屬薄膜式」電容作為除濕機控制電路電源分壓用途之事故案例照片，圖 2-2 為「金屬薄膜式」電容作為除濕機控制電路電源濾波用途之事故案例照片。



圖 2-1 ↑ 除濕機控制電路電源分壓用途之事故案例



圖 2-2 ↑ 除濕機控制電路電源濾波用途之事故案例

### 2.1 金屬薄膜電容簡介

所謂「電容」，依其字面意義可知，乃一保存電量的元件，其基本構造即是在兩個金屬之間放置一絕緣材質，當兩金屬通電後，可在絕緣材質上儲存電量，即使斷電後，仍可保存電量。電容量  $C$  之單位為法拉 (F)，其值與絕緣材質的介電常數  $\epsilon$ 、兩金屬間的面積成正比，但與兩金屬間的距離成反比。電容之電路符號為  $\text{—}|\text{—}$ ，常用的電容值範圍為 pF ~ mF ( $10^{-12}$  F ~  $10^{-3}$  F)。

電容量的計算公式如下：
$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$\epsilon_r$ ：絕緣材料介電常數  $\epsilon$  與真空介電常數的比值，

$\epsilon_0$ ：真空的介電常數  $8.85 \times 10^{-12}$  F/m，

$A$ ：兩金屬間的面積，

$d$ ：兩金屬間的距離

電容的絕緣材料有很多種類，常見的電容有金屬薄膜電容、電解電容、鉭質電容、陶質電容、紙質電容...等，本次研究之對象為事故除濕機使用之「金屬薄膜電容」，其外觀、內部照片分別如圖 2-3、2-4 所示。



圖 2-3 ↑ 金屬薄膜電容外觀



圖 2-4 ↑ 將金屬薄膜電容切開後之內部

所謂的「金屬薄膜 (Metallized Polyester Film Capacitor)」係因此種電容之金屬部位為將鋁或鋅金屬蒸著附著在聚乙酯膜表面，再捲繞而成，電容量愈大者需要捲繞愈多次，故體積會愈大，電容值範圍在  $0.01 \mu\text{F}$  ~  $10 \mu\text{F}$  之間，外型通常為方型、圓筒型或扁筒型。工作電壓大致分為 100V、250V、400V 與 630V 等，工作溫度範圍為  $-40^\circ\text{C}$  ~  $+85^\circ\text{C}$ 。此種電容之構造

示意如圖 2-5、2-6，另外經以 X-ray 觀察其內部構造，亦可清楚發現金屬薄膜捲繞情形，如圖 2-7、2-8。

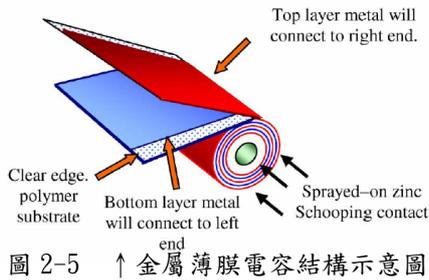


圖 2-5 ↑ 金屬薄膜電容結構示意圖

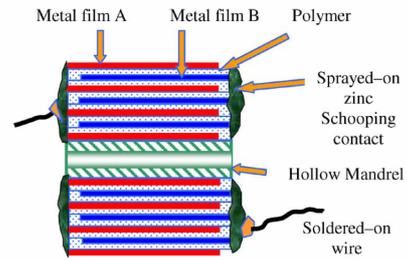


圖 2-6 ↑ 金屬薄膜電容剖面示意圖

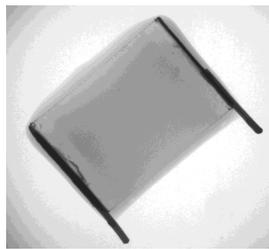


圖 2-7 ↑ 金屬薄膜電容新品  
正面 X-ray 照片

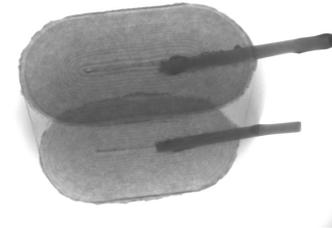


圖 2-8 ↑ 金屬薄膜電容新品  
側面 X-ray 照片

## 2.2 金屬薄膜電容電氣特性

依一般常用的電容等效電路如圖 2-9 所示，其中  $R_{ES}$  為等效串聯電阻、 $L_{ES}$  為等效串聯電感、 $G_{ES}$  為等效串聯導納、 $C_{ES}$  為等效串聯電容。

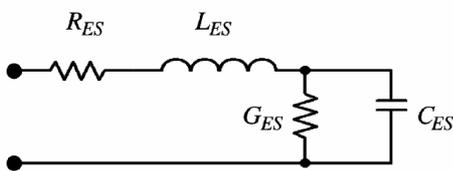


圖 2-9 ↑ 一般常用的電容等效電路

依圖 2-6 (金屬薄膜電容剖面示意圖) 之構造，亦可畫出下列圖 2-10 之等效電路。

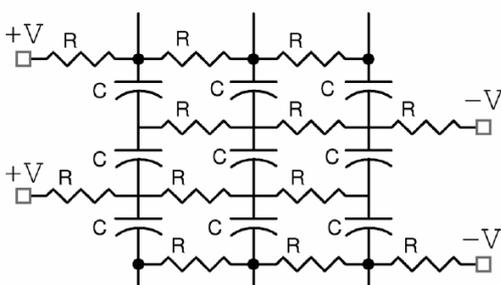


圖 2-10 ↑ 金屬薄膜電容簡易模型 (L 不計) 等效電路

## 2.3 事故態樣分析

圖 2-11 與圖 2-12 為兩種曾發生事故之「含分壓電容式除濕機」的控制電路類型。其中圖 2-11，代號「C1」(藍色圓圈者)的電容為電源濾波用途，「C2」(紅色圓圈者)的電容為「分壓電容」，其規格分別為 AC 300V、電容量  $0.1\mu\text{F}$  與 AC 250V、電容量  $1.5\mu\text{F}$ ，電容 C2 主要功能係與後端的整流濾波電路(包括：二極體 D1、D2、D3、D4 構成

的橋式全波整流電路，電容 C3、C4 與電阻 R2 等元件組成的二階濾波電路) 作一「串聯分壓」的功用，讓後端電路的電容 C3 直流電壓不會過高。

圖 2-12，代號「MC2」(藍色圓圈者)的電容為電源濾波用途，「MC1」的電容為「分壓電容」，其規格分別為 AC 1kV、電容量 0.01 $\mu$ F 與 AC 250V、電容量 1.8 $\mu$ F，電容 MC1 主要功能係與後端的整流濾波電路(包括：二極體 D1、D2 構成的全波整流電路，電容 EC1、EC2、EC3，稽納二極體 ZD1、ZD2、ZD3，電晶體 Q1 與電阻 R15、R16 等元件組成的濾波、穩壓電路)作一「串聯分壓」的功用，讓後端電路的電容 EC1、EC2 直流電壓不會過高。

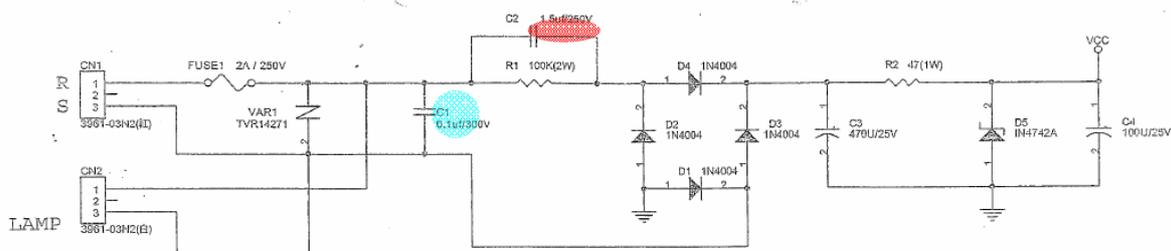


圖 2-11 ↑ 含分壓電容之除濕機部分控制電路類型 1

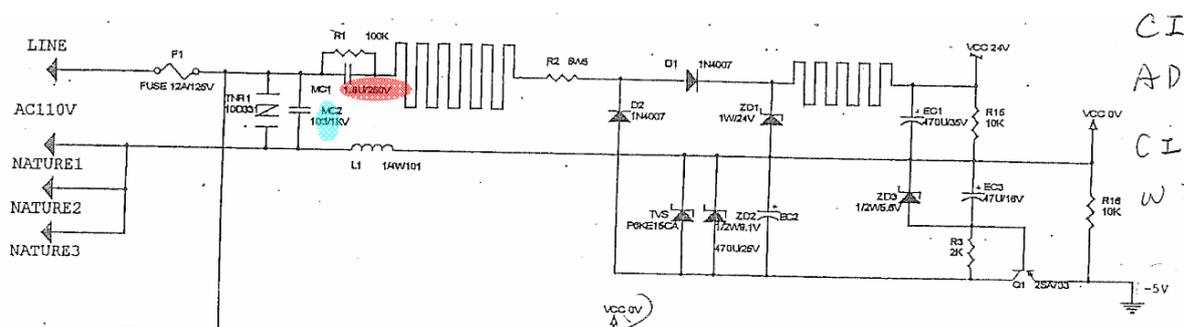


圖 2-12 ↑ 含分壓電容之除濕機部分控制電路類型 2

上述圖 2-11 與圖 2-12 電路類型之實體電路板分別如圖 2-13 與圖 2-14。

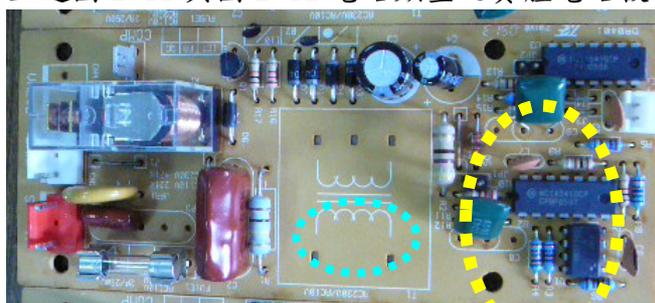


圖 2-13 ↑ 圖 2-11 類型之電路板 (淺藍色圓圈處為 C1、黃色圓圈處為 C2)



圖 2-14 ↑ 圖 2-12 類型之電路板 (黃色圓圈處為 MC1)

經實際量測圖 2-13 「分壓電容」的正常工作電壓、電流（在壓縮機啟動運轉約 1 秒後）波形如圖 2-15，在國內一般家用的交流電壓有效值為 AC 110V（峰值電壓約為 155.6V）輸入時，由圖 2-15 波形可知「分壓電容」的正常工作電壓有效值約為 102.5V，工作電流有效值約為 58.7mA，輸送到後端電子元件的直流偏壓值經量測為 DC 13.3V，故可知整個整流濾波回路，大部分的電壓降係落在「分壓電容」上。另外，與「分壓電容 C2」並聯的 R1（電阻值為 100 k $\Omega$ ），其實際流過的電流約為 1mA，遠小於分壓電容 C2 的電流值。

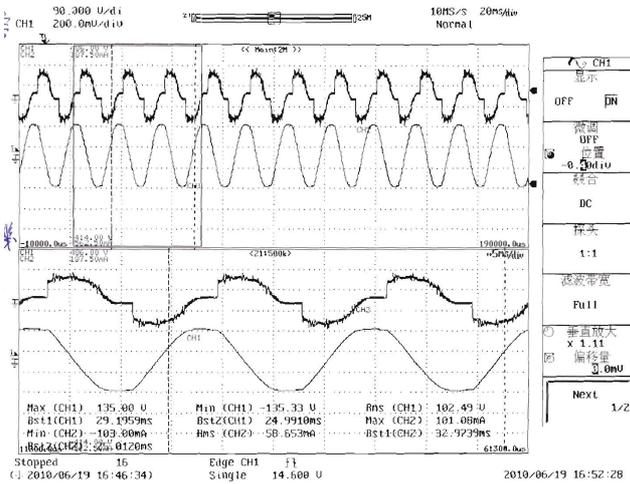


圖 2-15 ↑分壓電容正常工作電壓 (ch1\_\_下方波形)、工作電流 (ch2\_\_上方波形)

由實測得知，在除濕機啟動瞬間，因壓縮機為一「電動機特性」的負載，壓縮機的啟動電流較正常工作電流大，除濕機啟動時的暫態波形如圖 2-16。

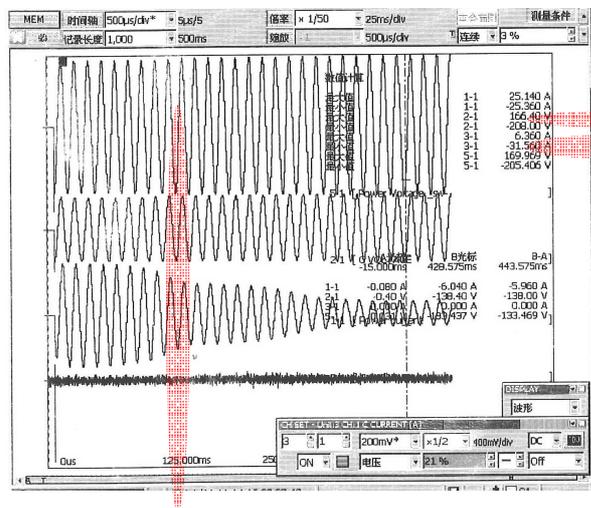


圖 2-16 ↑除濕機啟動瞬間至穩態之波形（由上而下分別為電源電壓 ch5-1、分壓電容 C2 電壓 ch2-1、電源電流 ch1-1、分壓電容 C2 電流 ch3-1）

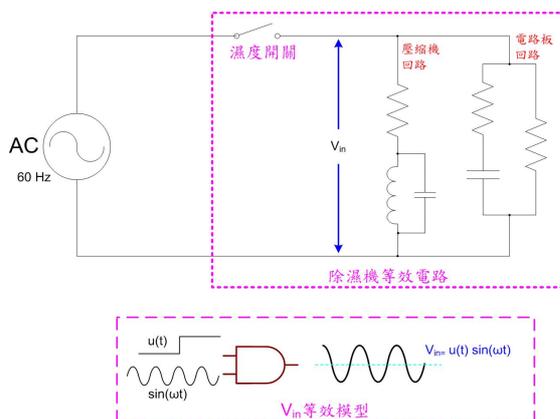


圖 2-17 ↑除濕機等效電路與  $V_{in}$  等效模型

由圖 2-17 的  $V_{in}$  等效模型可知，若電源電壓在不同電工角度投入時，原本平滑的正弦波形會因突如其來的導通，產生大小不同的高次諧波，所以在啟動瞬間會有大小相異的暫態突波電壓產生，因而當通過後端的負載時，會產生一個暫態突波電流。比較圖 2-15 與圖 2-16 之分壓電容 C2 的電壓、電流峰值可知，正常工作時的電壓、電流峰值絕對值分別為 135.3V、101mA，而含突波的電壓、電流峰值絕對值可達 208V、31.5A，差異頗大。

上述「暫態突波電流」會影響到流過電容 C2 的電流大小，由圖 2-17「除濕機等效電路」可知「電路板回路」上的電容，在每次電壓有發生「非穩定正弦波」的瞬間，就會有一個大的突波電流通過分壓電容 C2，此現象是因為該「非穩定正弦波」可等效為數個高次諧波，其頻率高於正常的 60 Hz 電力系統正弦波，而高次諧波電壓對於電容 C2 而言，會是一個較低的

電容阻抗  $X_C$  (因  $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ，與頻率  $f$  成反比)，所以就會有大的突波電流通過電容 C2。另

$$i = c \frac{dv}{dt}$$

外亦可由電容的電流公式得知，當電壓  $v$  發生快速變動時，流過電容的電流  $i$  會增大。

此突波電流雖然只維持約 20 $\mu$ S，但是其電流峰值會比正常工作電流高出許多，而且該電流峰值與電源電壓投入時候的角度有關，當電源電壓投入角度在 0 度時，突波電流很小，但是在電源電壓投入角度在 90 度時，突波電流會變得很大，相關測試波形詳如圖 2-18 ~圖 2-28。

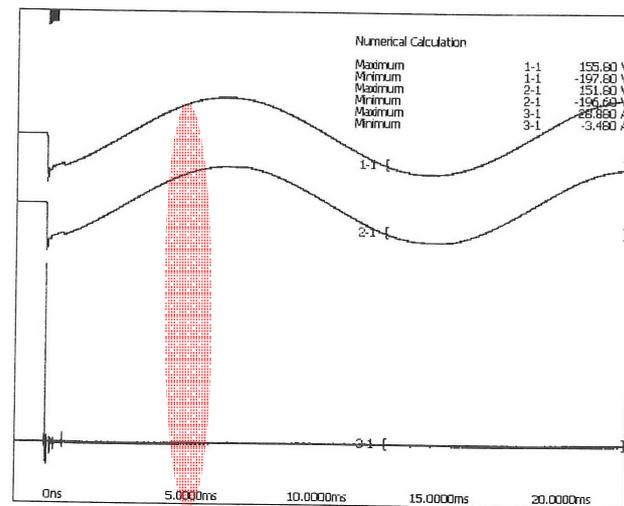


圖 2-18 ↑除濕機啟動瞬間波形（由上而下分別為電源電壓 ch1-1、分壓電容 C2 電壓 ch2-1、分壓電容 C2 電流 ch3-1）

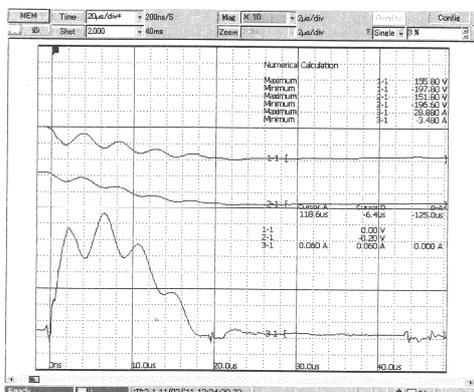


圖 2-19 ↑圖 2-18 擴展後之波形（由上而下分別為電源電壓 ch1-1、分壓電容 C2 電壓 ch2-1、分壓電容 C2 電流 ch3-1）

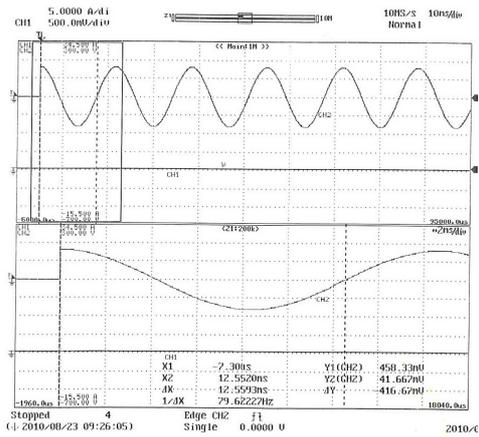


圖 2-20 ↑ 電源啟動角度之圖示說明 (以 90 度角為例)

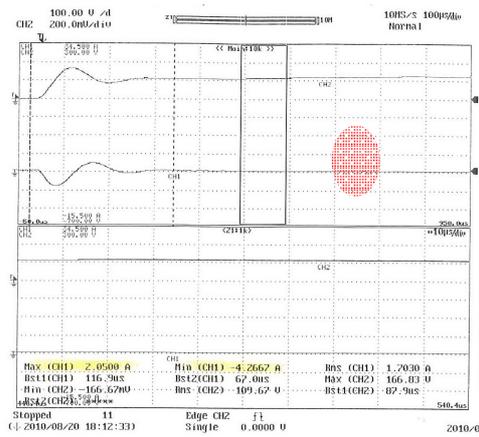


圖 2-21 ↑ 除濕機在 0 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

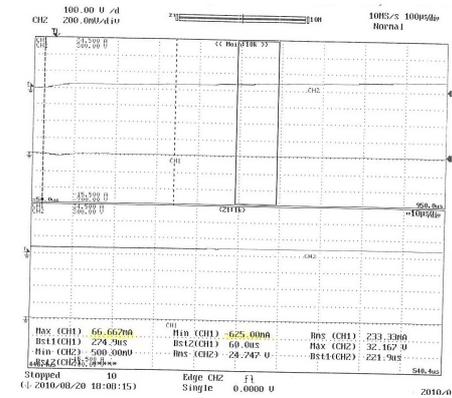


圖 2-22 ↑ 除濕機在 45 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

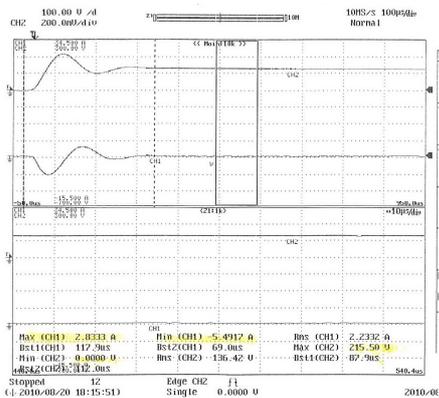


圖 2-23 ↑ 除濕機在 90 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

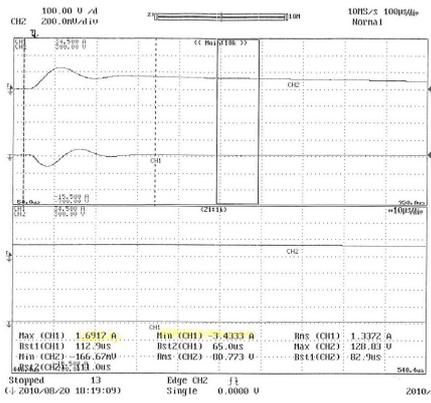


圖 2-24 ↑除濕機在 135 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

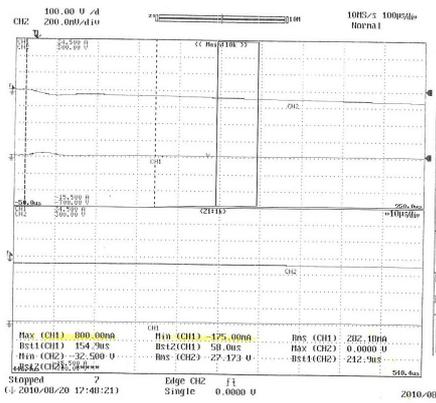


圖 2-25 ↑除濕機在 180 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

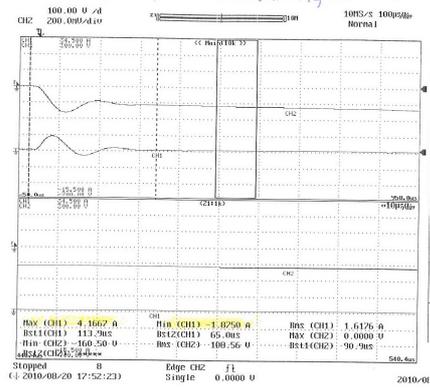


圖 2-26 ↑除濕機在 225 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

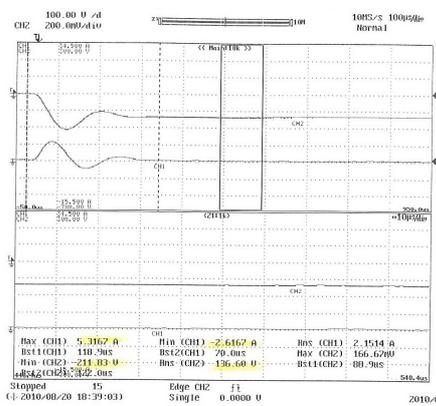


圖 2-27 ↑除濕機在 270 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

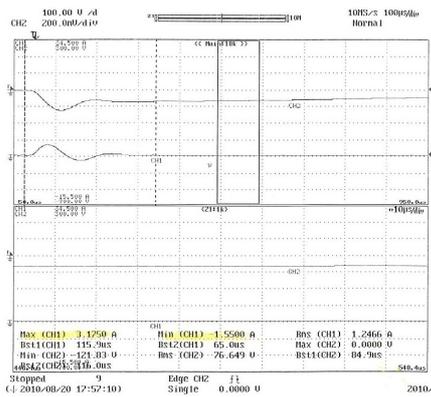


圖 2-28 ↑除濕機在 315 度電工角啟動時，分壓電容 C2 之暫態電壓(上)、電流(下)波形

事故除濕機之控制方式，係由一「濕度開關」負責電源供應，當濕度小於設定值後，「濕度開關」會打開接點，停止供電，而若濕度大於設定值，則會閉合接點，啟動除濕機。經實測發現，上述的電流突波亦與濕度開關接點投入情形有關，因為濕度開關接點為一金屬接點，整個開關構造為機械動作型式，因此在機械式開關元件的接點閉合、開啟並非瞬間就到達定位，而是會有接點振盪的情形，若發生此現象時，輸送到開關後端負載的電壓即會有更多的突波產生（詳如圖 2-29），連帶著會影響到流過電容 C2 的電流，會有更多的突波電流通過電容 C2。另外在實際測試過程中，亦發現在開關投入瞬間產生的突波電流，幾乎全部流到分壓電容 C2（詳如圖 2-30）。

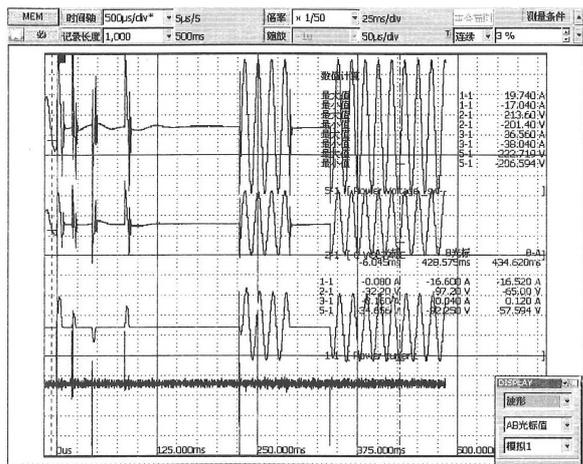


圖 2-29 ↑除濕機啟動瞬間波形—濕度開關接點有彈跳情形（由上而下分別為電源電壓 ch5-1、分壓電容 C2 電壓 ch2-1、電源電流 ch1-1、分壓電容 C2 電流 ch3-1）

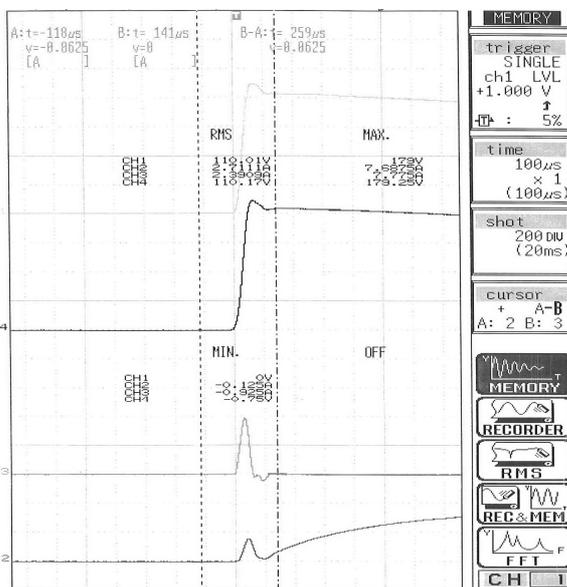


圖 2-30 ↑除濕機啟動瞬間，分壓電容 C2 之暫態電壓、電流波形（由上而下分別為分壓電容 C2 的電壓—ch1、電源電壓—ch4、分壓電容 C2 的電流—ch3、電源電流—ch2）

由分壓電容類型的除濕機事故通報案例事故品殘骸（如圖 2-31~圖 2-37）研判，被燒熔的部位均為上方電路板附近的塑膠材質，至於電路板下方的部位均未有燒損情形，兩個案例事故品的壓縮機均是完好正常，再次通電後均能正常運轉。例如案例 2（圖 2-34~圖 2-37）除濕機因在事故發生當時，消費者有即時拔掉插頭，切斷電源，故僅有上方的塑膠外殼內側與電路板燒黑情形，其餘部位均未受損，當更換過新的電路板後，即能正常運轉，故研判應是電路板上的零件發生自燃情形。

另由事故通報案件「含分壓電容式類型除濕機」調查結果顯示，若干除濕機會在「插電待機」狀態時自燃，當時風扇、壓縮機均未啟動運轉，為何會自燃？由以上事故樣品之狀況可知，需針對電路板上的控制電路做進一步模擬研究，故此次研究將專注於金屬薄膜電容在電路中承受外來的高頻諧波、暫態突波等雜訊之衝擊，可能會產生之影響。



圖 2-31 ↑分壓電容類型事故除濕機案例 1 照片（上方正面）



圖 2-32 ↑分壓電容類型事故除濕機案例 1 照片（上方側面）



圖 2-33  
分壓電容類型事故除濕機案例 1 照片（下方正面）



圖 2-34 ↑分壓電容類型事故除濕機案例 2 照片（正面外觀）



圖 2-35 ↑分壓電容類型事故除濕機案例 2 照片（正面內部）



圖 2-36 ↑分壓電容類型事故  
除濕機案例 2 照片  
(上方)

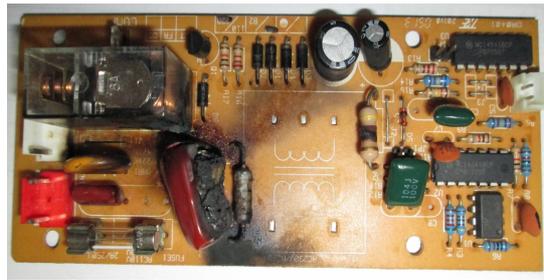


圖 2-37 ↑分壓電容類型事故  
除濕機案例 2 照片  
(控制電路板)

### 三、事故模擬試驗之規劃與執行

#### 3.1 模擬試驗前的準備

本次研究以圖 2-14 電路板上的電容 MC1 (1.8 $\mu$ F、250V) 2 個為對象，進行模擬試驗。首先量測個別的特性參數值。量測項目包括：RES (等效串聯電阻)、LES (等效串聯電感)、CES (等效串聯電容)、fr (自我共振頻率) 等 4 個，另外，亦以 X-ray 觀察內部構造。

1. 樣品 1：電容 MC1 (電容量標稱值為 1.8 $\mu$ F)，試驗前 RES=2.04 $\Omega$ 、LES=14.47mH、CES=1.75 $\mu$ F、fr =60k Hz。
2. 樣品 2：電容 MC1 (電容量標稱值為 1.8 $\mu$ F)，試驗前 RES=1.11 $\Omega$ 、LES=14.57mH、CES=1.738 $\mu$ F、fr =60k Hz。

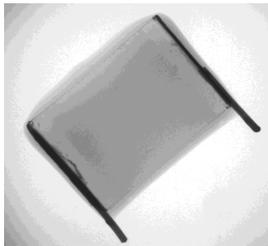


圖 3-1 ↑樣品 1 新品  
正面 X-ray 照片

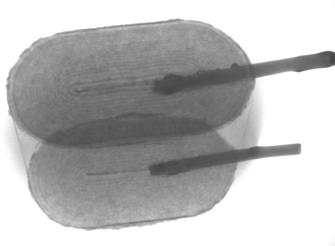


圖 3-2 ↑樣品 1 新品  
側面 X-ray 照片



圖 3-3 ↑樣品 2 新品  
正面 X-ray 照片

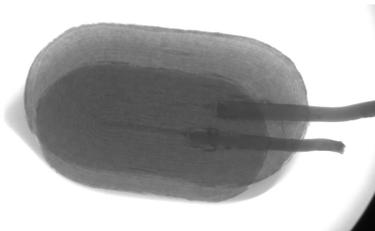


圖 3-4 ↑樣品 2 新品  
側面 X-ray 照片

上述 RES (等效串聯電阻)、LES (等效串聯電感)、CES (等效串聯電容) 以 LCR 表在 1k Hz 頻率下量測；fr (自我共振頻率) 則參考 IEC 60384-1 圖 4 電路 (如下圖 3-5) 進行量測，結果如表 2-1，取 Irms 最大值之對應頻率為 fr。

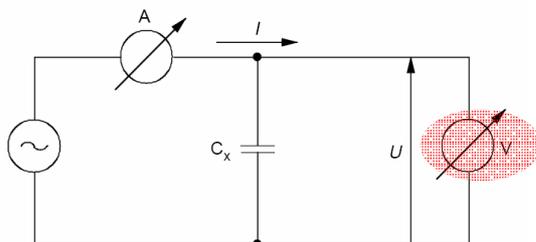


圖 3-5 ↑IEC 60384-1 圖 4 電路

※本次研究係以分流器(shunt)與暫態記錄器量測電流、電壓

表 2-1 金屬薄膜電容 1.8 $\mu$ F 執行 IEC 60384-1 第 4.11 節 fr 測試結果

頻率 電流 (mA)	60 Hz	120 Hz	300 Hz	500 Hz	1k Hz	5k Hz	10k Hz	20k Hz
Irms	0.735	1.5	3.73	6.21	12.3	38.1	54.2	62.4
頻率 電流 (mA)	30k Hz	40k Hz	50k Hz	60k Hz	70k Hz	80k Hz	90k Hz	100k Hz
Irms	67.2	67.3	67.2	67.8	67.5	67.3	66.8	67.2
頻率 電流 (mA)	150k Hz	200k Hz	500k Hz	—	—	—	—	—
Irms	66.1	65.1	35.3	—	—	—	—	—

※因樣品 1、2 測試結果極為接近，故僅列一個數值。

※各頻率之測試電壓均為  $V_{p-p}=10V$ 。

對於模擬試驗之安排詳如圖 3-6 所示，試驗電源係由「可程式交流電源供應器」提供，接著連接 2 個「無熔線斷路器」，其中 1 個靠近「可程式交流電源供應器」端，額定電流為 C type、20A，另 1 個靠近「電容樣品」端，額定電流為 B type、6A。無熔線斷路器的功用除作為短路保護之外，亦可在試驗人員更換樣品、檢查樣品時，隔離電源之用。

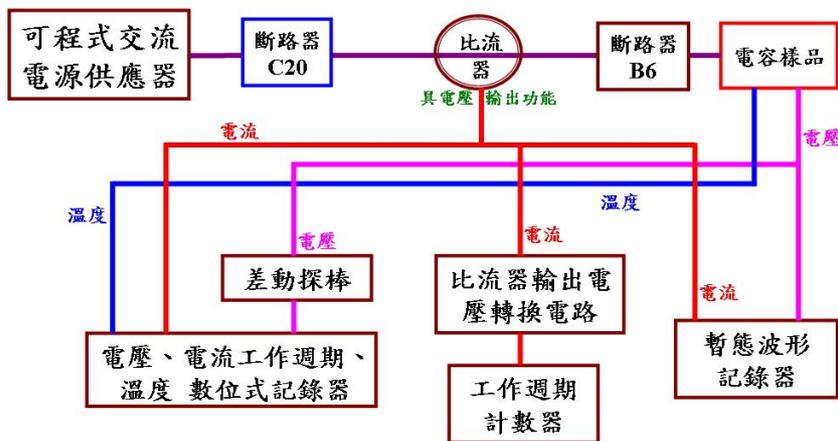


圖 3-6 ↑ 模擬試驗安排方塊圖

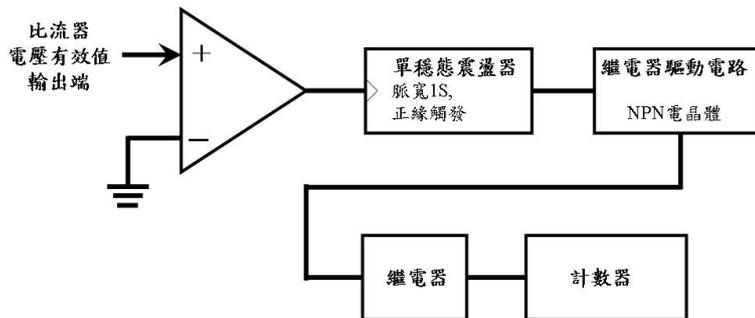


圖 3-7 ↑ 「比流器輸出電壓轉換電路」方塊圖

### 3.2 模擬試驗電源與環境的安排

#### 3.2.1 試驗電源

由第二章實測事故機型除濕機的電壓、電流波形得知，位於交流電源輸入端的「分壓電容」或「濾波電容」在正常工作穩態時，其電流小於100mA，但是若電路上有開關元件開閉、高次諧波交連，甚至是雷擊等異常雜訊產生時，此兩種電容是承受衝擊的第一道關卡。若輸入電源的電壓值突然增加或是摻雜著許多高頻成分，電容的電流值也會突然增加為數十倍。對於「金屬薄膜電容」而言，突然增加的電壓會使兩金屬間的薄膜絕緣物質電場強度瞬間增加，若絕緣物質有瑕疵點，則可能會使絕緣物質逐漸被電場侵蝕，最終會被擊穿。而突然增加的電流則會使兩金屬承受的電能量成指數倍增，產生熱能而使得金屬材質熔著。

故「試驗電源」需包含「高頻諧波、基本波、開關投入與切離時的脈波」等三種波形，以期能正確模擬出含有雜訊的電力電壓。至於各種成分波形的電壓有效值之試驗設定值分別如下：

1. 基本波：60Hz 電源設定值為116V（因台電電力系統電壓控制範圍為±5%，故標稱值110V 的105%為116V）。
2. 高頻諧波：由圖2-19至圖2-29的波形分析，在開關投入與切離時，常見的振盪波形頻率約為5k~20k Hz，但因「可程式交流電源供應器」的輸出頻率最大為1k Hz，乃以1k Hz為設定值，而由表2-1實測結果可知，在1k Hz與5k Hz兩種頻率時流經電容的電流比值約為1：3，在1k Hz與20k Hz兩種頻率時流經電容的電流比值約為1：5，故在1k Hz測試時應提高電壓設定值。為有效模擬事故電容受到高頻電流的衝擊程度，故假設高頻諧波會出現在60 Hz基本波的峰值區域，使得高頻信號的電壓峰值疊加倍增，但考慮到分壓電容的規格為250V，試驗電壓不可超過太多，因此最後決定試驗設定值為275V。
3. 開關投入與切離時的脈波：此種波形係控制基本波60 Hz的導通與切離之電工角度為90度，使得流經電容的突波電流最大。而其電壓設定值則為基本波的2倍（ $116V \times 2 = 232V$ ）。

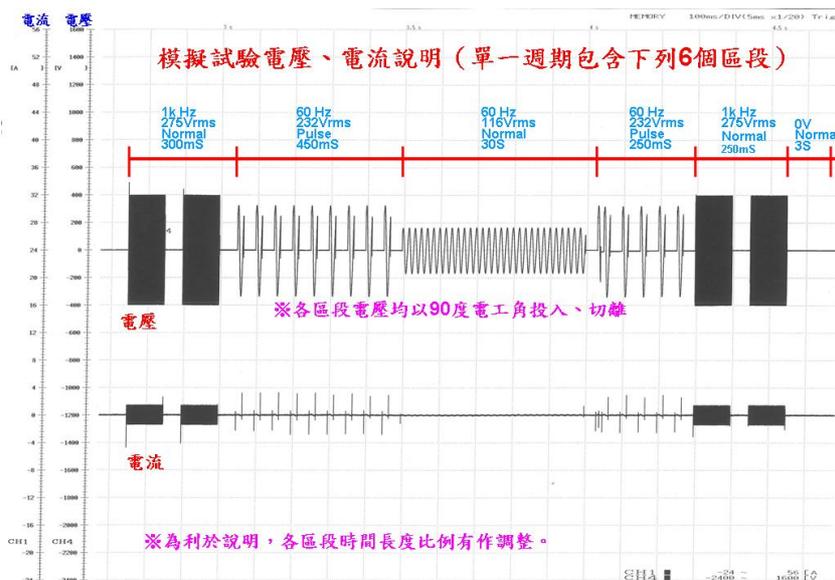


圖 3-8 ↑ 模擬試驗電源、電流說明

### 3.3 模擬試驗之結果

#### 3.3.1 樣品 1

本次研究以電容 MC1 (1.8 $\mu$ F、250V) 2 個為對象，進行模擬試驗。其中樣品 1 在試驗過程中量測 RES (等效串聯電阻)、LES (等效串聯電感)、CES (等效串聯電容) 特性參數值，如表 2-1。並以 X-ray 拍攝正面、側面影像分別如圖 3-9 至圖 3-14。

觀察圖 3-9 之新品正面 X-ray 照片顯示，內部金屬材質與絕緣材質分部均勻，經試驗至第 1643 次與第 4584 次時，由圖 3-11 與圖 3-13 顯示，內部金屬材質與絕緣材質已有紊亂不均勻的現象，可看出有金屬物質熔出成塊的黑影，且在電容的上、下邊有長出許多黑色小條紋，研判應為受到長期的電壓突波衝擊發生部分放電情形，因為上下邊的彎曲率較大，電場強度較大，較容易發生部分放電情形。

由圖 3-15 與圖 3-16 樣品 1 試驗至 4584 次的外觀照片，已可明顯看到內部金屬物質熔出的現象，且位置不只 1 處。由表 3-1 在三個試驗次數所量測的結果顯示，RES (等效串聯電阻) 因金屬物質熔出愈多而愈小，CES (等效串聯電容) 亦因金屬物質熔出愈多而愈小，此種量測結果的變化可由圖 2-10 等效電路得知，當金屬物質熔出愈多時，代表愈來愈多的「R、C」變成短路狀態，使得從 +V 與 -V 端量測的 RES、CES 愈來愈小。

表 3-1 樣品 1 之 RES、LES、CES 量測結果

試驗次數	RES	LES	CES
0 (新品)	2.04 $\Omega$	14.47mH	1.75 $\mu$ F
1643	1.21 $\Omega$	16.2mH	1.56 $\mu$ F
4584	810m $\Omega$	24.43mH	1.03 $\mu$ F

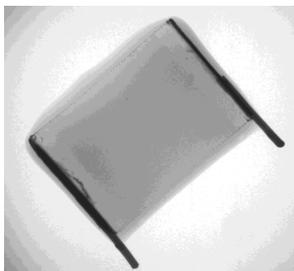


圖 3-9 ↑樣品 1 新品  
正面 X-ray 照片

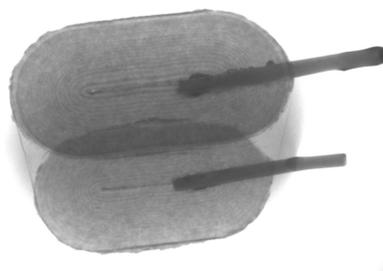


圖 3-10 ↑樣品 1 新品  
側面 X-ray 照片



圖 3-11 ↑樣品 1 在 1643 次  
正面 X-ray 照片

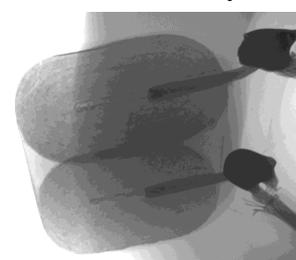


圖 3-12 ↑樣品 1 在 1643 次  
側面 X-ray 照片

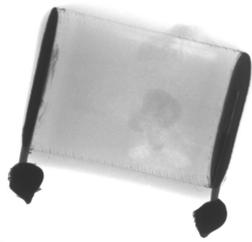


圖 3-13 ↑樣品 1 在 4584 次  
正面 X-ray 照片

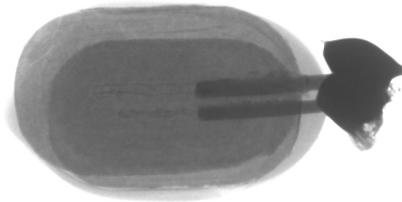


圖 3-14 ↑樣品 1 在 4584 次  
側面 X-ray 照片



圖 3-15 ↑樣品 1 試驗至 4584 次，  
內部物質熔出情形-1



圖 3-16 ↑樣品 1 試驗至 4584 次，  
內部物質熔出情形-2

### 3.3.2 樣品 2

接著以樣品 2 進行試驗，所施加的電源亦如圖 3-8 所示，試驗前的新品 RES=1.11Ω、LES=14.57mH、CES=1.738μF，新品 X-ray 照片如圖 3-3 與圖 3-4。本樣品自開始試驗後，中途未如同樣品 1 有中斷，進行 RES、LES、CES 量測。

由數位記錄器的檔案資料與監控攝影畫面時間可知，試驗自 101 年 10 月 9 日上午 10:05 開始，至 101 年 10 月 11 日下午 8:18 起火燃燒，共計試驗了 58 小時 13 分。圖 3-8 所施加的電源每一週期長度為 34.25 秒，故共計有 6120 個電源週期，每一週期正常會有 38 個突波電流產生，6120 週期共計產生約 232560 個突波電流。

圖 3-17 至圖 3-30 為樣品 2 起火燃燒前，至火焰消失後的錄影畫面，由這些畫面可知，當熔出的金屬物質多到某一個程度時，電容等效電路近乎為短路狀態，使得流過的電流變大許多，因此開始燒熔冒煙，接著就發生起火燃燒的情形。觀察起火燃燒的火勢，可以想像若在除濕機內部發生的話，是會將周圍的塑膠外殼給燒燬。

圖 3-31 為燃燒後試驗樣品與周圍區域照片，經隔天檢查旁邊的無熔線斷路器 (B type、額定電流 6A) 已有跳脫，但 Chamber 外部的無熔線斷路器 (C type、額定電流 20A) 未跳脫，可程式交流電源供應器亦持續供電中 (輸出電流保護值設定為 30A)，電容接腳銲接點至鋁箔膠帶之間的電線 PVC 塑膠層沒有受熱熔化的現象，電線截面積為 1.25mm<sup>2</sup>、安全電流為 11A，顯示引發起火燃燒的電流應約介於 15~30A 間，電流持續時間約在 0.1 秒至 1 秒間。

圖 3-33 至圖 3-36 為燃燒後的樣品 2 殘骸照片。圖 3-37 至圖 3-38 為樣品 2 燃燒後的殘骸 X-ray 照片。

從商品事故通報調查案件中，曾發現如圖 3-39 之除濕機電路板事故品亦發生如圖 3-33 電容內部金屬物質熔出情形，故由此可證明電容器發生燃燒之原因係如同本文之推論。

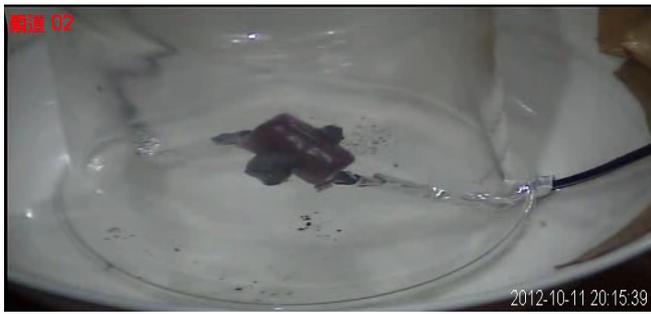


圖 3-17  
樣品 2 外部有大量金屬熔出情形



圖 3-18  
樣品 2 開始冒煙



圖 3-19  
樣品 2 濃煙加大



圖 3-20  
樣品 2 濃煙量  
再加大



圖 3-21  
樣品 2 開始有  
火光出現



圖 3-22  
樣品 2 火光  
加大

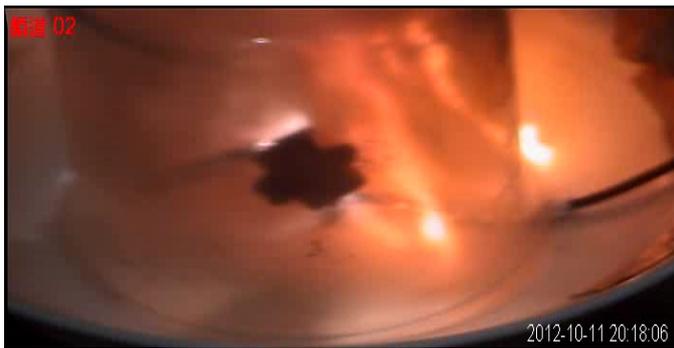


圖 3-23  
樣品 2 起火燃燒  
，延燒到玻璃罩  
外部



圖 3-24  
樣品 2 繼續  
起火燃燒-1



圖 3-25  
樣品 2 繼續  
起火燃燒-2



圖 3-26  
樣品 2 繼續  
起火燃燒-3



圖 3-27  
樣品 2 繼續  
起火燃燒-4



圖 3-28  
樣品 2 繼續  
起火燃燒-5



圖 3-29  
樣品 2 火焰熄滅  
，濃煙持續-1



圖 3-30  
樣品 2 火焰熄滅  
，濃煙持續-2



圖 3-31  
燃燒後之試驗樣品與周圍  
區域



圖 3-32 ↑ 樣品 2 燃燒後-1



圖 3-33 ↑ 樣品 2 燃燒後-2



圖 3-34 ↑ 樣品 2 燃燒後-3



圖 3-35 ↑ 樣品 2 燃燒後-4



圖 3-36 ↑ 樣品 2 燃燒後殘骸-5



圖 3-37 ↑ 樣品 2 燃燒後之殘骸 X-ray 正面照片

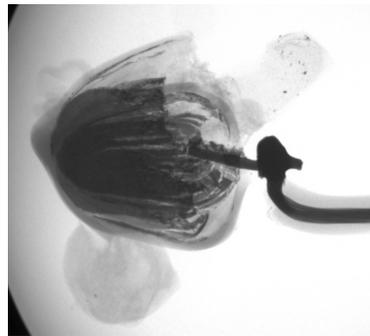


圖 3-38 ↑ 樣品 2 燃燒後之殘骸 X-ray 側面照片



圖 3-39 ↑ 除濕機事故案例電容發生內部金屬熔出情形

#### 四、心得、結論與建議

除濕機事故案例數量高居本局事故通報案件數第一位，事故類型可大致分為「分壓電容」、「濾波電容」與「繼電器」等三種，其中又以「分壓電容」類型案例較多。雖然由事故品的殘骸可研判出係因電容引起，但因需要長時間的模擬試驗才能實際重現電容燃燒、爆裂、燒

熔的情形，多年來尚未能以一般家庭可能的電氣條件在實驗室模擬重現事故現象，故為了解事故發生的條件值，提出具說服力的證據，今年度仍再次選定本案，繼續上一年度的研究。研究期間曾嘗試使用多種的電源組合，但都未曾發生燃燒情形，最後才想到使用圖 3-8 的電源進行模擬試驗。但是，在開始規劃使用圖 3-8 的電源時，相關的電壓值尚不知該設定多少較為合理，接著經過多次的嘗試後，才逐漸提高到圖 3-8 的設定值，但設定值的原則為「要儘量合理，不要超出正常的工作條件值或是電容的額定值太多」，因為模擬試驗並非破壞試驗，如果是為了要重現燃燒的情形而故意施加特別大的電壓或電流，那當然是一定會發生燃燒的情形，但這種模擬試驗有何意義，完全沒有說服力。

從許多電器產品的控制電路可知，以電容作為電源降壓用途的方式相當普遍常見，因為相較於使用變壓器降壓提供整流濾波之用的電路，「分壓電容」有著體積縮小、成本低廉、重量減輕的迷人優點，不像使用變壓器般的笨重又貴，但是「分壓電容」卻容易受到高頻突波的影響，無法抵擋過大突波的侵襲，甚至會被燒燬。另外，從事故案例中亦發現，在交流電源輸入端作為電源濾波之用的 X 電容也有起火燃燒的情形。因此，要使用電容作為濾波或分壓降壓用途的電路，該電容的規格應高過工作條件值，建議電容的電壓規格應至少為工作條件值的 2~3 倍，並需符合 IEC 60384 要求。

從查閱事故除濕機使用的電容製造商網頁技術資料發現，其所使用的「分壓電容」電壓規格為 250VDC，雖然在產品說明欄位中有提到可適用於耦合、射頻濾波等工業電子方面的應用，但此電容未取得 IEC 60384 的測試驗證。且由其電壓規格 250VDC 研判，若是輸入交流弦波電源，250V 應是峰值，所以相對的有效值應為 177V，經本次研究測試此電容對於不同頻率時的電流變化結果（詳如表 2-1），在電源為 1k Hz、60k Hz 相對於 60 Hz 的工作電流比值分別為 16.7 倍與 92.2 倍，因此若未經評估驗證就將原本只宣告 DC 規格的電容，貿然使用於 AC 電路上，恐會使得電容因高頻突增的電流而過熱，而且電容電壓規格（177V）與工作電壓（110V）比值只有 1.61 倍，許多電力系統的雜訊與突波電壓均可達到此倍數，使得電容長期處於「臨界使用」的狀態，提高了燒燬事故的發生率。

#### 4.1 建議事項

最後提出下列幾項建議，作為往後家電產品使用濾波電容、分壓電容安規試驗的參考。作為電源降壓用途的電路，建議使用變壓器降壓較為安全。

為避免「分壓電容類型」的電器產品長期不使用，但仍插電待機時，受到外來突波、雜訊影響，建議可在電源輸入端增設一個機械式開關，以隔離電源。

與交流電源輸入回路串、並聯的 X、Y 電容或作為分壓用途的電容，應通過 IEC 60384 測試驗證，其電壓規格應為交流，且至少為工作條件值的 2~3 倍。

#### 參考文獻

1. 「Electrical Transients in Power System」, second edition, Allan Greenwood.
2. 「Distributed Circuit Modeling of Multilayer Capacitor Parameters Related to the Metal Film Layer」, IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, Vol 30, No. 4, December 2007, Robert W. Brown, Member, IEEE.
3. 「Electric-Field Penetration into Metals: Consequences for High-Dielectric-Constant Capacitors」, IEEE Transactions on Electron Devices, Vol 46, No. 4, April 1999, Charles T. Black and Jeffrey J. Welser, Member, IEEE.
4. 「High Voltage Test Techniques Partial Discharge Measurement」, IEC 60270, 2000.
5. 「Fixed Capacitors for use in electronic equipment – Part 1: Generic specification」, IEC 60384-1, 1999.

6. 「Fixed Capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply main」, IEC 60384-14, 2005.

## 檢驗技術

### 鞋類彎折試驗機檢測技術簡介

高分子檢驗科 宋志堅技正

#### 一、前言：

一般民眾都會有這樣的經驗，那就是穿在腳上的鞋子總是會發現鞋底前端處容易產生裂紋，並在裂紋處產生進水、斷裂現象，讓人感到困擾；事實上，相關製鞋業者已開始注意到這方面的問題，除了蒐集相關檢測方法外，也不斷找尋適當設備，以瞭解所開發出的鞋材在彎折作用下能有多少延緩裂開效果；為能瞭解鞋底反覆彎折時，所使用材質對裂紋抵抗之好壞，高分子科（以下稱本科）特別購置一台鞋類彎折試驗機，該設備除可模擬人體行走時前腳板彎折狀況，並可測試鞋體對反覆彎折所衍生裂紋之抵抗效果。

#### 二、彎折試驗測試原理：

鞋類彎折試驗為符合英國鞋類技術研究中心(Shoe and Allied Trades Research Association, SATRA TM 92)之規範，按該規範，相關鞋類彎折試驗為依不同類型鞋體，參照不同試驗條件（如表1），當獲致試驗鞋體指定彎折部位後，設定不同彎折次數、頻率及彎折角度等測試條件，藉以評估鞋體往復彎折下，材質韌性之良窳好壞。

#### 三、試驗機簡介：

鞋類彎折試驗機（如圖1）係馬達驅動下，利用曲柄旋轉帶動連桿，最後迫使接連搖桿往復式擺動，有效達到鞋底反復彎折之作動要求。

彎折試驗機設備操作步驟依序分別為：

- 1、尋找鞋子的彎折線。
- 2、試驗鞋體彎折角度查詢。
- 3、試驗機上彎折角度的調整。
- 4、機台面板上彎折次數調整。
- 5、試驗鞋體安置卡固（如圖3）。
- 6、按壓開關，開始試驗。

鞋子本體依所畫的直線上標出第二點（如圖2），此點距離2.2所標示的第一個點 $5 \pm 1$  mm，於橫向畫一條直線，即被視為鞋子的彎折線。該彎折線為測試鞋體外緣彎曲狀態下呈最大拉伸之部位，以現有試驗機操作上，於頭端鎖螺緊固後即可自然獲至該部位，一般而言，

柔韌性材質皆有不錯抗彎折斷裂之表現，至於彎折角度依表 1 顯示，愈屬硬質之鞋底可容許彎折角度則愈小，在試驗時，應採較小角度彎折。

#### 四、結論

鞋類彎折試驗機，影響試驗結果之參數包括彎折角度、彎折速率及彎折次數，其中又以彎折角度和彎折速率最為顯著，為配合鞋體結構、材質種類，試驗條件一般推薦如下：

彎折角度：0° ~ 90° 角度間選用係依鞋子型態種類決定

彎折速率：0~50° 速率可調範圍 0~230 次/分鐘

50~90° 速率可調範圍 0~140 次/分鐘

#### 五、參考資料

1. 英國鞋類技術研究中心 (Shoe and Allied Trades Research Association) SATRA TM92。



圖 1、鞋類彎折試驗機

表 1、不同鞋子所推薦使用之彎折角度

	Suggested flexing angles
<b>Ladies</b>	
Platform styles	
Clogs (mules)	10°
Slingbacks, sandals, boots	15°
Courts	20°
Lace-up casuals	25-30°
Non-platform styles	
Courts, Slingbacks, casuals and sandals	35°
<b>Men's and boys</b>	
Platform styles	
Slip-on casuals	25°
Lace-up shoes and boots	30°

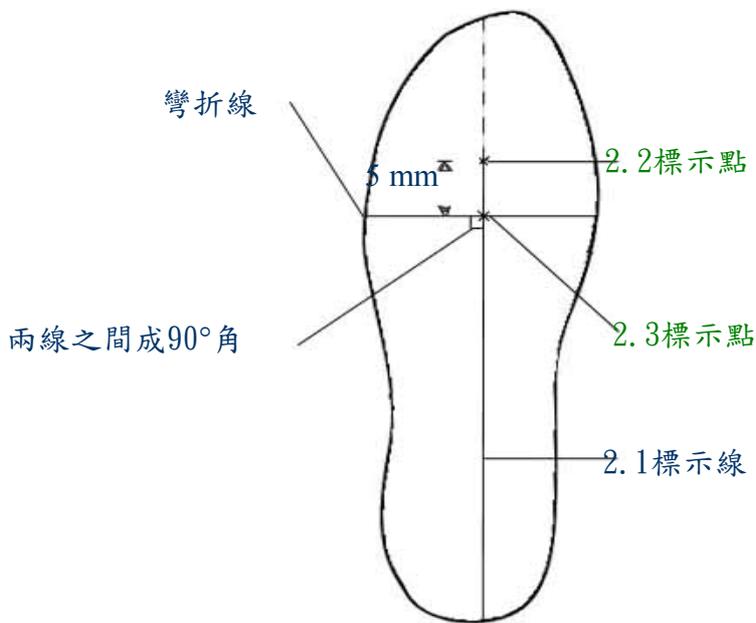


圖 2、鞋子的彎折線



圖 3、鞋子本體於試驗機上置放卡固狀況

## 儀器介紹

### 核磁共振儀膠態進樣探頭(HR MAS)設備簡介

生化科 技正 孫思學 李靜雯

#### 一、前言

核磁共振儀是鑑定化學結構的重要工具，國內廣泛的使用在各學術研究機關及部分工業機構，但核磁共振儀膠態進樣探頭在國內使用有限，在本文特別簡介。

核磁共振儀設備(如圖 1)於本局 98 年採購，已後應用在「99 年鑑定各類水分子氧半高寬及微量溴酸根檢測技術之研究」及「100 年以核磁共振技術鑑別食用油種類之研究」等自行研究計畫，並在 101 年度自行研究「以核磁共振技術鑑別巧克力食品中的成分組成」中首次使用膠態進樣探頭設備(如圖 2)，為充分發揮該設備功能並於 101 年增購膠態進樣探頭專用高速轉子，以充分發該設備功能。

## 二、原理

核磁共振儀膠態進樣探頭又稱為高解析魔角旋轉(High Resolution Magic Angle Spin)探頭，其原理乃是利高速魔角旋轉(4,000~8,000 Hz)提高核磁共振儀磁場的均勻性(如圖3)，以得到解析度較佳的圖譜，同樣利用高速魔角旋轉也可以降低樣品不均勻相對磁場的干擾，所以可以使用在膠態甚至於半固態的樣品，膠態進樣探頭及傳統液態進樣探頭之比較整理如表1。



圖1、98年購置的核磁共振儀



圖2、膠態進樣探頭

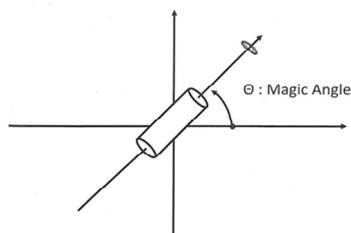


圖3 膠態進樣探頭之高解析魔角旋轉(High Resolution Magic Angle Spin)示意圖

表1 膠態進樣探頭及液態進樣探頭之比較

膠態進樣探頭(HR MAS)	液態進樣探頭(BBO)
<b>可測膠態及液態樣品</b> <b>圖譜解析度較優(相同樣品)</b> 進樣量較小(約 20~50 uL) 需使用大量氣體趨動轉子高速旋轉 需手動勻場 (shimming) 需手動調整阻抗及共振頻率 不能進行低溫試驗 只能測氫核( $^1\text{H}$ )及碳核( $^{13}\text{C}$ )	僅適合測均質液態樣品 圖譜解析度略差(相同樣品) 進樣量較大(約 700 uL) <b>使用氣體量明顯較少</b> <b>可自動勻場</b> <b>可自動調整阻抗及共振頻率</b> <b>可進行低溫試驗</b> <b>除氫核及碳核，還可測磷及氟等其它核種</b>

## 三、檢測應用

一般而言，膠態進樣探頭的操作較不便，多應用在液相以外的樣品，說明如后：圖4及圖5分別為食品及橡膠樣品的膠態核磁共振圖譜，圖4為魚丸及豆腐兩種食品膠態樣的氫譜，由圖4可以看出不同樣品在化學位移 3.0~4.5 ppm 之間的氫譜；圖5為寶利龍、衛生套及橡皮筋等3種橡塑膠樣品之碳譜，由圖5可見衛生套及橡皮筋的橡膠材料非常接近，而寶利龍的材料和常見的橡膠不同。由於以上的樣品無法用溶劑完全溶解，不適合液態進樣方式，使用膠態進樣可以克服這類的問題。

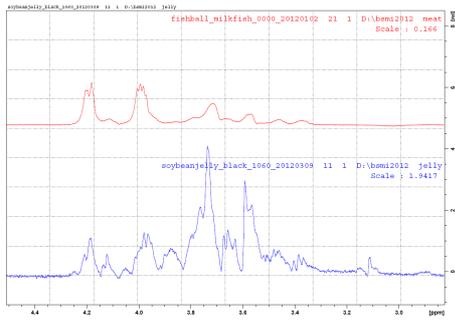


圖 4、魚丸及豆腐兩種食品膠態樣品的氫譜

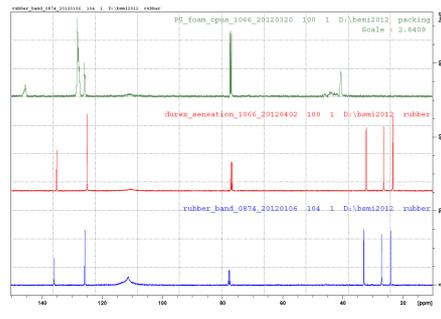


圖 5、寶利龍、衛生套及橡皮筋等 3 種橡塑膠樣品之碳譜

#### 四、結論

未來，核磁共振儀膠態進樣探頭設備將用來建立膠態及半固態樣品的核磁共振研究，配合現有的液態探頭及液相層析串聯探頭將可建立全面的核磁共振分析技術。