

家用電器電源插頭 殘餘電壓與電擊危險之研究

徐政聰／臺南分局技士

壹、前言

消費者在使用家用電器產品拔下插頭時，可能會有不小心碰觸插頭刀片而遭受電擊之風險，家用電器安全規範 CNS 3765 (94.9.7)「家用與類似用途電器產品的安全—第 1 部：通則」第 22.5 節對於電源插頭殘餘電壓與電擊危險之量測，係在評估使用者接觸插頭刀片的合理時間內（1 秒鐘）插頭刀片間的殘餘電壓，量測之電壓值不得超過 34 V，但未詳述量測之殘餘電壓性質（交直流成分），可能導致判定時產生疑義。

[1]要設計或製造一個安全的，對人畜無傷，而且不損及其他財物的電器產品，首先要瞭解足以造成災害的原因與相關物理量的大小。唯有在瞭解了電器災害的本質後，才能據以設計或製造出符合不同安全需求的產品。

從實驗顯示人體阻抗 Z_i 只含有一個很小電容量的成分，感電引起死亡災害的直接原因非電壓，而是電流，人體阻抗視皮膚乾濕狀況而有所差異，實際在感電時的阻抗包括皮膚阻抗、人體內部電阻與衣服、鞋子的阻抗，但如就災害保護的觀點，在訂定保護條件時，不考慮衣服或鞋子的阻抗是較為安全的。通常在感電瞬間狀態時，初期階段存在皮膚電阻，但電流的流入及流出點的皮膚會急速激發而反應汗分泌使絕緣破壞，此種狀態下皮膚阻抗低到可以被忽略。人體內部電阻分佈於人體各部位，一般電流流入人體，流出點為單手或兩手與單腳或兩腳，但在狹小的空間持電氣器具作業時電流流入人體，流出點需要考慮胸部與背部。最危險的電流通路之一為左手—胸部，因此時心臟直接存在電流通路。

電對人體的直接傷害有三種：電擊 (shock)、電弧 (arc)、電爆 (blast)；這篇文章研究的部分是關於電擊。

所謂電擊：電流流經人體造成 (引起) 生理刺激，其效應視電流大小、電源流過人體的部位以及受害者遭電擊時之生理狀況而定。

電擊是因為電流流經人體而發生的現象，數毫安 (milli ampere) 大小的電流即足以在健康狀況良好的人體上產生反應，或是不自主的反應而導致間接的危險 (如：體內有裝置心率調整器…等其他電子人工裝置)。更高的電流會引發更嚴重的破壞效果。在乾燥的環境下，一般說來峰值為 40 V 的交流電或是 60V 的直流電都不算是高電壓，但是使用者所接觸或操作的部位，一定要處於地電位 (Earth Potential) 或加以適當的絕緣，才能提供有效的防電擊保護。

貳、電源插頭殘餘電壓與電擊危險之量測原理

本節主要藉由電路理論分析並探討如何精準量測到數據，以縮短檢測時間及提高量測準確性，另外對電容放電回路型態做探討。電子電路中，只有在電容器充放電過程中，才有電流流過，充電過程結束後，電容器是不能通過直流電的，在電路中起著「隔離直流」的作用。電路中，電容器常被用作耦合、旁路、濾波等，都是利用它「通交流，隔直流」的特性。那麼交流電為什麼能夠通過電容器呢？我們先來看看交流電的特點。交流電不僅方向往復交變，它的大小也在按規律變化。電容器接在交流電源上，電容器連續地充電、放電，電路中就會流過與交流電變化規律一致的充電電流和放電電流。

目前國內應施檢驗電器產品、電動手工具等等因為要符合 CNS 13783-1 電磁相容要求—第 1 部：發射電磁相容之規定，均會在電路上加裝電容器作為抑制干擾元件，及適當的電阻迴路作為斷電後的放電迴路。

但電容器為儲存電能之被動元件，使用者電器在使用完將插頭由插座拔下時，電容器就會透過內部 RC 電路開始放電。若電容器儲存的電能過大或 RC 時間長數過長，則當使用者在拔除插頭後，碰觸插頭刀片，殘餘的電能將對使

標準與檢驗

用者造成電擊的危害。

[2]我們可將測試用之電器產品內部之電路等效成 RC 電路（如：圖 1），其中 $V(t)$ 為交流市電電壓（AC 110 V），提供電器產品的電源輸入且同時對電容器充電。

使用者電器使用完將插頭由插座拔下時，電容器就會透過內部 RC 電路開始放電（如圖 2），此時若使用者若在拔除插頭後碰觸插頭刀片，如同碰觸電容器的兩端，將經由人體形成放電迴路，造成電擊的危害。

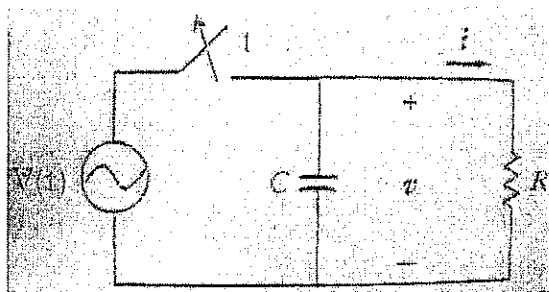


圖 1 並聯 RC 電路

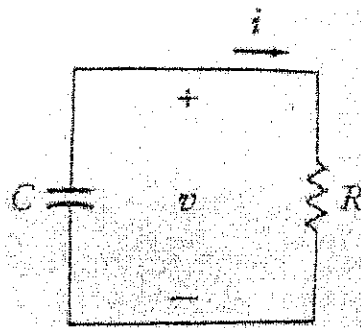


圖 2 RC 放電電路

$$V(t) = V_m \cos \omega t \quad (1)$$

V_m ：弦波峰值

當圖 1 電路之開關在 $t=t_1$ 開路切斷電源時，電容器初始電壓為 V_1 由(1)式可知， V_1 之最大值（最不利值）發生於 $t=t_1=0$ ，

$$V_{1(\max)}(t) = V(0) = \sqrt{2} V_{\text{rms}} \cos(0)$$

且圖 2 的電容 C 兩端電壓 V ，其放電方程式為

$$V(t) = V_1 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (2)$$

τ ：時間常數， $\tau = RC$

若圖 2 之等效電容、電阻為已知情況下，可由(2)式求得電容電壓放電至 34V 所需時間 t_2 ，其放電曲線如圖 3，經化簡後，可得

$$t_2 = -RC \times \ln \left(\frac{34}{110\sqrt{2}} \right) \quad (3)$$

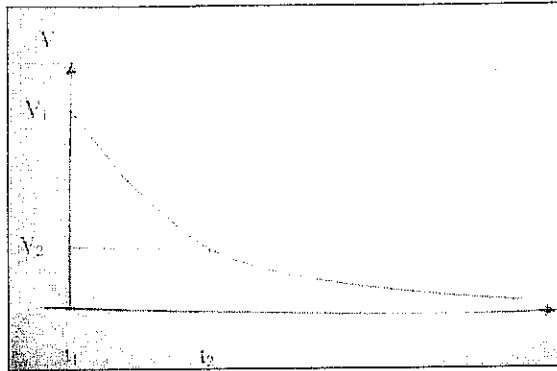


圖 3 RC 電路響應曲線

由式(3)，當 $t_2=1$ 秒時電壓需降至 34V 以下，在電容值已知條件下可得到所需電阻值 R

$$R = \frac{-1}{C \times \ln\left(\frac{34}{110\sqrt{2}}\right)} \quad (4)$$

電器產品輸入電路加裝電容器雖可作為抑制傳導性電磁干擾元件，其容量越大抑制效果越好，但選擇過大容量的電容器，其儲存電量就越大所需放電的時間就越長，是否能符合 CNS 3765 第 22.5 節之要求，就需由設計者加以審慎考量了。

電容器殘存電能雖可藉由並聯電阻形成放電迴路，迅速消耗電能以符合標準要求，但正常使用時，電阻亦會消耗電能，降低電器之能源效率；所以放電電阻之設計要能兼顧電容殘餘電壓符合標準要求並維持較高之能源效率，就需由設計者加以審慎考量了。

參、電源插頭殘餘電壓之交流與直流量測

一、有關 CNS 3765 (94.9.7) 相關章節之規定如下：

(一) CNS 3765 (94.9.7) 第 22.5 節標準規定之量測方法

電器以額定電壓供電，將所有開關切於斷電位置，並將電器之插

標準與檢驗

頭自電源插座上取下，在取下 1 秒鐘後，以不會明顯影響量測值之儀器，立即量測刀片間的電壓。量測之電壓不得超過 34 V。

(二) CNS 3765 (94.9.7) 第 5.7 節標準規定之試驗環境

在周溫 15 °C ~ 35 °C，不受通風影響之處進行試驗，若各部件所產生的溫度受溫度感測裝置限制或受轉態現象發生時之溫度所影響者，例如當水沸騰時，此時，若對試驗結果有疑慮時，則周溫保持在 23 °C ± 2 °C。

二、量測產品

依電動類及電熱類產品，考量其電器特性及主要零組件風險之情形，電動類產品選取果汁機（串激電動機）、電扇（感應電動機），電熱類產品選取吹風機（直流電動機）、電磁爐（電磁感應加熱元件）為樣品。針對選定四項產品做為量測分析，預期能涵蓋目前電器產品的種類及型態。

(一) 吹風機

為具有直流電動機之電熱類產品，其電路圖如圖 4，其輸入端電容 C1、C2 為 0.15 μ F/275 V，R1=18.5 Ω ，R2=23.2 Ω ，R3=40.5 Ω ，R4=65.0 Ω 。

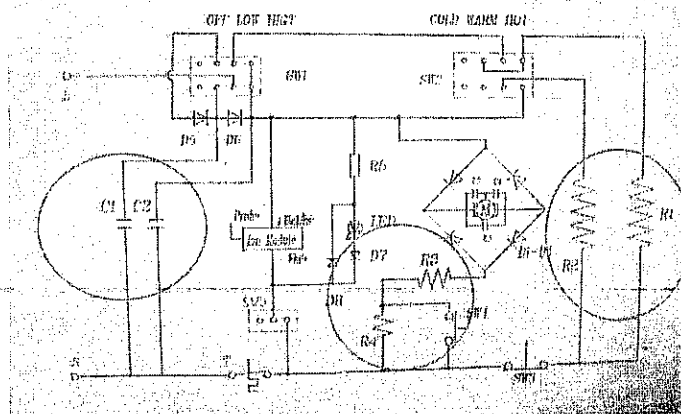


圖 4 樣品 1. 吹風機電路圖

吹風機電源插頭殘餘電壓之交流與直流量測：

經以儲存式示波器設定於交流（AC）與直流（DC）模式，分別量測殘餘電壓波形如圖 5（100 V/DIV、400 ms/DIV）及圖 6（100 V/DIV、400 ms/DIV）。經比較波形及衰減率，並無明顯差異。

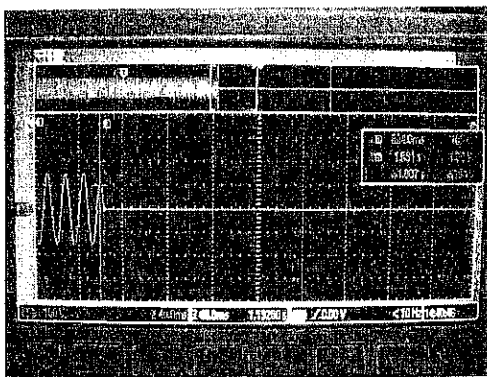


圖 5 交流量測波形

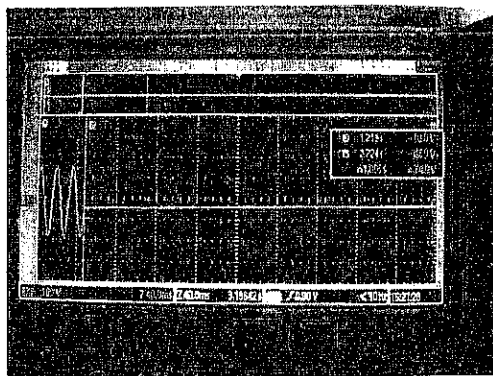


圖 6 直流量測波形

（二）果汁機

為含有串激式電動機之電動類產品，其電路圖如圖 7，其輸入端電容 $C1=0.47 \mu F/275 V$ ， $R1=R2=220 k\Omega$ 。

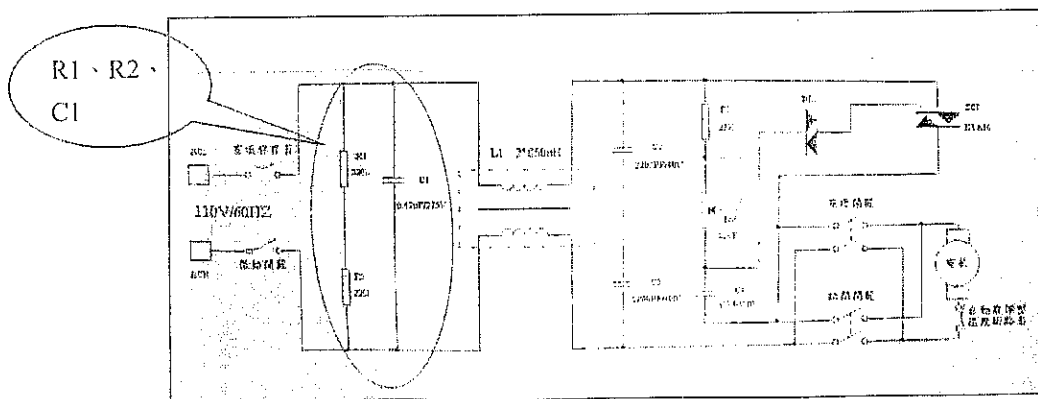


圖 7 樣品 2. 果汁機電路圖

果汁機電源插頭殘餘電壓之交流與直流量測：

標準與檢驗

經以儲存式示波器設定於交流 (AC) 與直流 (DC) 模式，分別量測殘餘電壓波形如圖 8 (100 V/DIV、400 ms/DIV) 及圖 9 (100 V/DIV、400 ms/DIV)。經比較波形及衰減率，並無明顯差異。

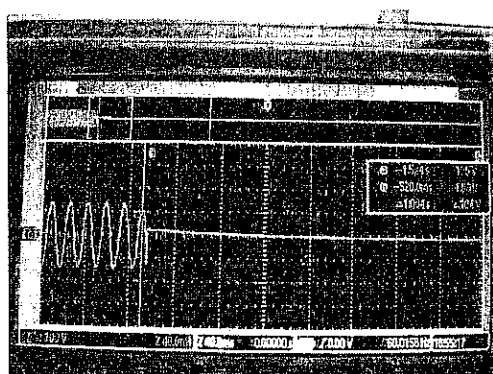


圖 8 交流量測波形

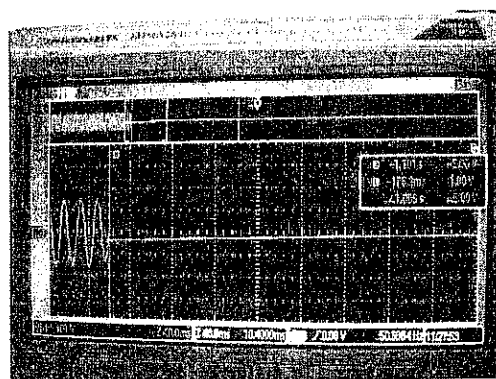


圖 9 直流量測波形

(三) 電扇

為含有電容分相式感應電動機之電動類產品，其電路圖如圖 10，其輸入端起動電容為 $3.5 \mu\text{F}/250 \text{V}$ 。

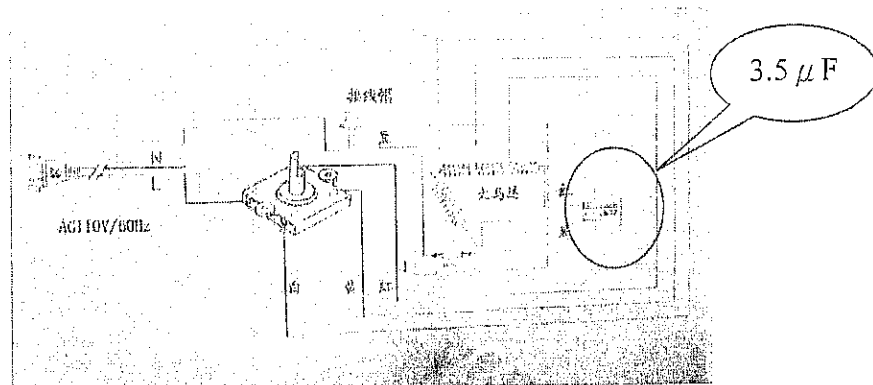


圖 10 - 樣品 3. 電扇接線圖

電扇電源插頭殘餘電壓之交流與直流量測：

經以儲存式示波器設定於交流 (AC) 與直流 (DC) 模式，分別

量測殘餘電壓波形如圖 11 (100 V/DIV、400 ms/DIV) 及圖 12 (100 V/DIV、400 ms/DIV)。經比較波形及衰減率，並無明顯差異。

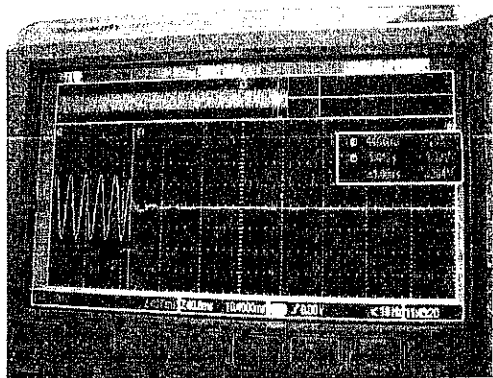


圖 11 交流量測波形

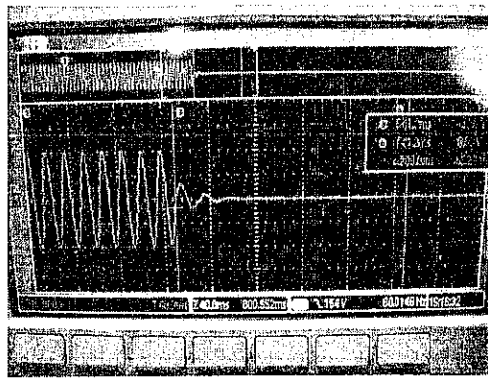


圖 12 直流量測波形

(四) 電磁爐

為含有電磁感應加熱元件及蔽極式風扇馬達之產品，其電路圖如圖 13，其輸入端電容 C1 為 8 μ F/275 V，R19=200 k Ω 、R20=27 k Ω 。

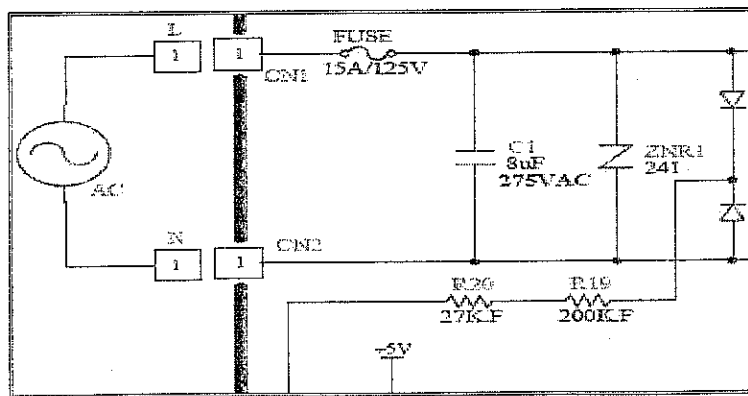


圖 13 樣品 4. 電磁爐電路圖

電磁爐電源插頭殘餘電壓之交流與直流量測：

經以儲存式示波器設定於交流 (AC) 與直流 (DC) 模式，分別

標準與檢驗

量測殘餘電壓波形如圖 14 (100 V/DIV、400 ms/DIV) 及圖 15 (100 V/DIV、400 ms/DIV)。經比較波形及衰減率，並無明顯差異。

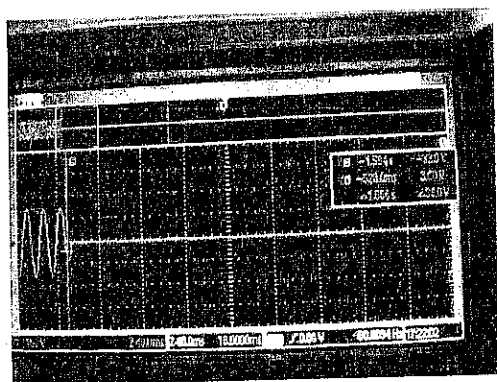


圖 14 交流量測波形

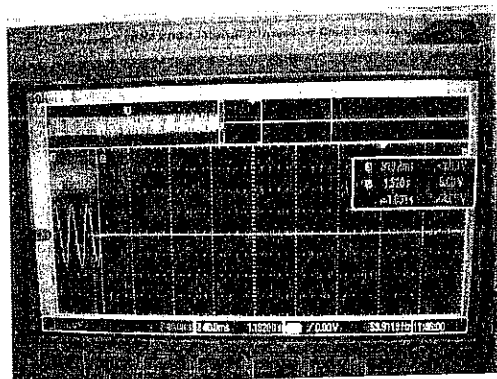


圖 15 直流量測波形

肆、參考 IEC 標準要求，瞭解國際標準之發展趨勢

收集 IEC 60335-1、IEC 60598-1、IEC 60065、IEC 60950 等國際標準，對於電源插頭殘餘電壓之量測，因條文中未詳述量測之殘餘電壓性質（交直流成分），再查 EN 60065_2002_OSM C1 9 1 6_decision 02-4，「The limits for DC values have to be used. The charge held by the capacitor is DC.」，顯見對於電源插頭殘餘電壓之量測，以直流量測值為準。相關資料彙整如后：

一、IEC 60335-1 (2010-05) 「Household and similar electrical appliances - Safety - Part 1: General requirements」

22.5 Appliances intended to be connected to the supply mains by means of a plug shall be constructed so that in normal use there is no risk of electric shock from charged capacitors having a rated capacitance exceeding $0.1\mu\text{F}$, when the pins of the plug are touched.

Compliance is checked by the following test.

The appliance is supplied at rated voltage. Any switch is then

placed in the off position and the appliance is disconnected from the supply mains at the instant of voltage peak. One second after disconnection, the voltage between the pins of the plug is measured with an instrument that does not appreciably affect the value to be measured.

The voltage shall not exceed 34V.

二、IEC 60598-1 (2003-10) 「Luminaires - Part 1: General requirements and tests」

8.2.7 Portable luminaires designed to be connected to the supply by means of a plug, track adaptor connected luminaires, or luminaires with supply connector with contacts accessible with the standard test finger and incorporating a capacitor of capacitance exceeding $0.1\mu\text{F}$ (or $0.25\mu\text{f}$ for luminaires with a rated voltage less than 150V) shall be provided with a discharge device so that 1 s after disconnection the voltage between the pins of the plug or adaptor/connector contacts does not exceed 34V.

三、IEC 60065 (2001) 「Audio, video and similar electronic apparatus. Safety requirements」

9.1.6 Withdrawal of MAINS plug Apparatus intended to be connected to the MAINS by means of a MAINS plug shall be so designed that there is no risk of an electric shock from stored charge on capacitors, when touching the pins or contacts of the plug after its withdrawal from the socket-outlet.

NOTE: For the purpose of this subclause, male interconnection couplers and male appliance couplers are regarded as MAINS plugs.

標準與檢驗

Compliance is checked by measurement according to 9.1.1.1a) or c) or by calculation.

The MAINS SWITCH, if any, is in the off-position, unless it is more unfavourable in the onposition.

Two seconds after withdrawal of the MAINS plug, the pins or contacts of the plug shall not be HAZARDOUS LIVE.

The test may be repeated up to 10 times to obtain the most unfavourable situation.

If the nominal capacitance across the MAINS poles does not exceed $0.1\mu\text{F}$, no test is conducted.

四、IEC 60950-1 (2005) 「Information technology equipment – Safety – Part 1:General requirements」及 CNS 14336-1 (99.9.30) 「資訊技術設備－安全性－第1部：一般要求」

2.1.1.7 設備電容器放電

設備須加以設計為當外部接點與交流供應電源或直流供應電源分離時，要能降低連接設備內部的電容器儲存之電荷所產生的電擊危險。

以目視檢查設備和相關的電路圖，並考量開關在開與關的狀況是否符合規定。

於下列狀況下，設備視為符合規定，電容器標示或標稱值超過 $0.1\mu\text{F}$ 且電路連接於交流供應電源或直流供應電源兩端，放電時間不超過：

- 1 秒，當設備為 A 型插接式設備；及
- 10 秒，當設備為 B 型可插接式設備或永久連接式設備。

相關之放電時間常數為有效電容值 (μF) 及有效放電電阻值 ($\text{M}\Omega$) 之乘積。若有效電容值與有效放電電阻值難以決定，

可採降電壓法，即在斷電後使用。當執行降電壓法量測時，結果必須使用具備輸入阻抗含電阻值 $100\text{ M}\Omega \pm 5\text{ M}\Omega$ 及輸入電容值 $20\text{ pF} \pm 5\text{ pF}$ 並聯的量測設備。

備考：在一個時間常數區內，其電壓將降至原始電壓值的 37%。

五、EN 60065_2002_OSM CI 9 1 6_decision 02-4：

Standard: EN 60065:1998 EN 60065:2002	Sub clause: 9.1.6	Sheet No.: 02/4 Page 1 of 1
Subject: Withdrawal of mains plug	Key words: —	Meeting: OSM/EE – 2002 Item No. 9.7
Question: Description of situation: The compliance paragraph of EN 60065 sub-clause 9.1.6 (Withdrawal of mains plug) requires measurements acc. to 9.1.1 a) or c) or by calculation. The maximum permitted voltages in sub clause 9.1.1.a) are AC 35V (peak) or DC 60V. Can we permit the max. values for DC [means 60V] measured after 2s on the mains plug contacts or shall we permit the max. values for AC [means 35V (peak)] only?		
Decision: The limits for DC values have to be used. The charge held by the capacitor is DC.		
Explanatory notes: X capacitors are charged from AC MAINS-voltage but finally a capacitor can store DC voltage only.		

伍、電磁干擾傳導量測

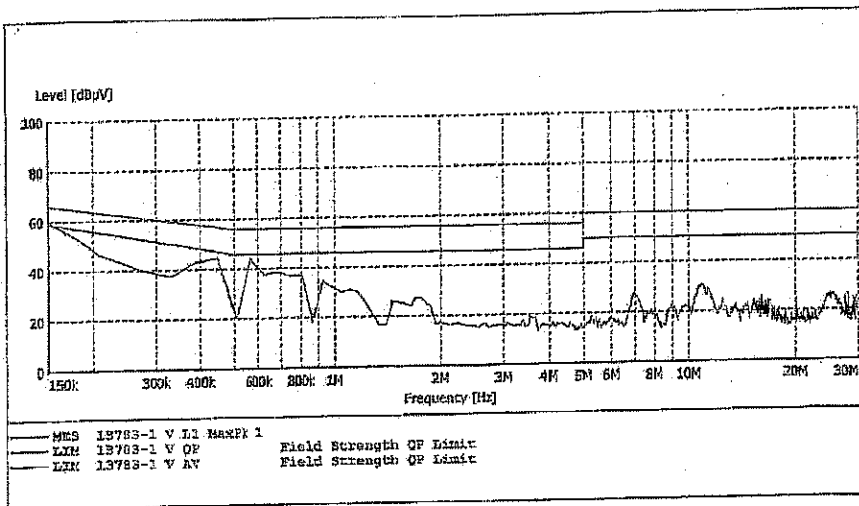
依 CNS 13783-1 的規範量測四種電器產品其傳導干擾值，均符合要求，分述如下：

標準と検聴

一、吹風機：其量測值皆在限制值下方。

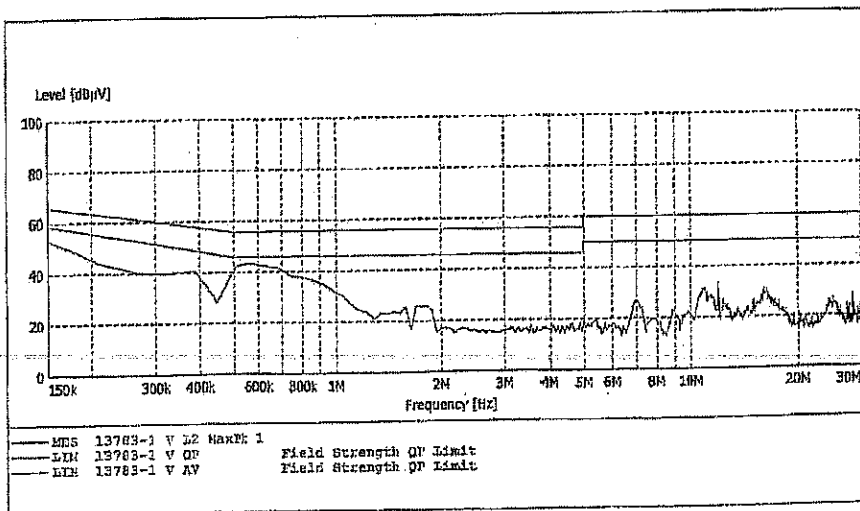
SWEEP TABLE: "13783-1 V L1(Lo)"

Short Description:		Field Strength QP Limit			Transducer
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L1
		MaxPeak			



SWEEP TABLE: "13783-1 V L2(Lo)"

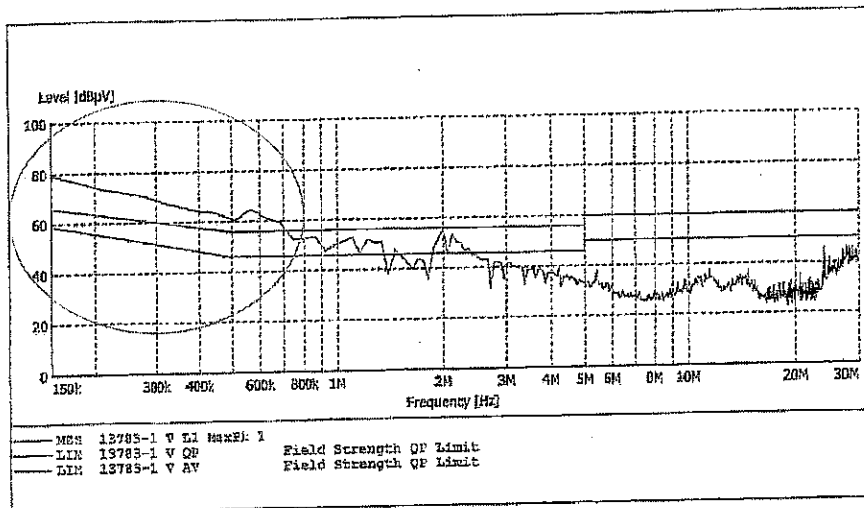
Short Description:		Field Strength QP Limit			Transducer
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L2
		MaxPeak			



二、果汁機：其量測值某些頻段雖在限制值上方，但其單點量測其峰值及平均值皆未超過限制值。

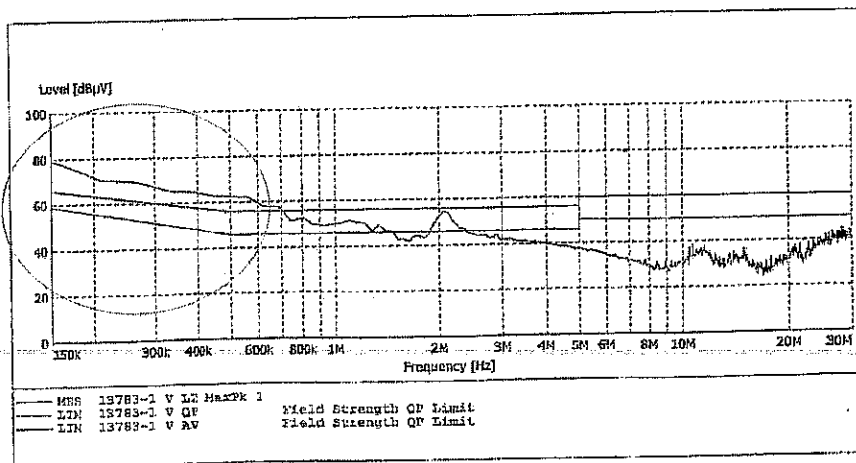
SWEEP TABLE: "13783-1 V L1(Lo)"

Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L1
		MaxPeak			



SWEEP TABLE: "13783-1 V L2(Lo)"

Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L2
		MaxPeak			

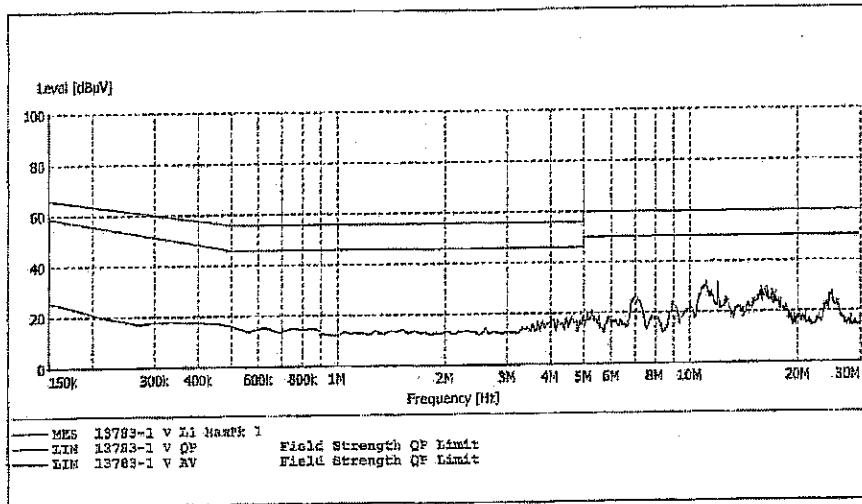


標準の検証

三、電扇：其量測值皆在限制值下方。

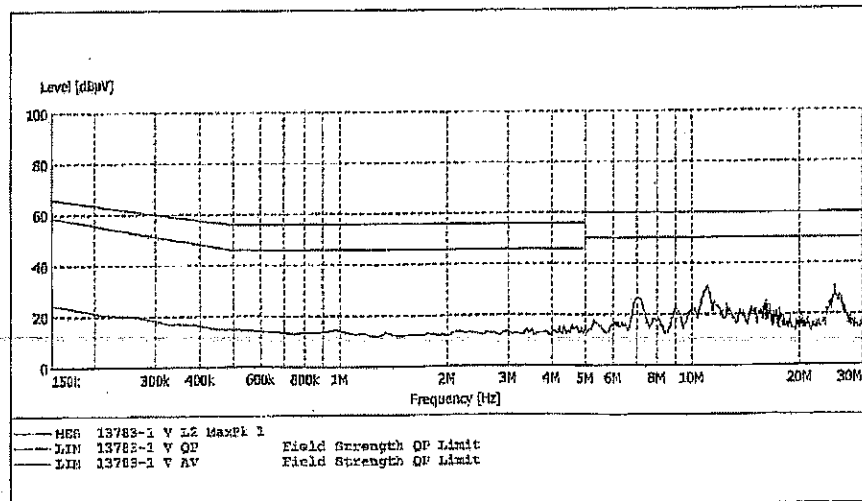
SWEEP TABLE: "13783-1 V L1 (Lo) "

Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L1
		MaxPeak			



SWEEP TABLE: "13783-1 V L2 (Lo) "

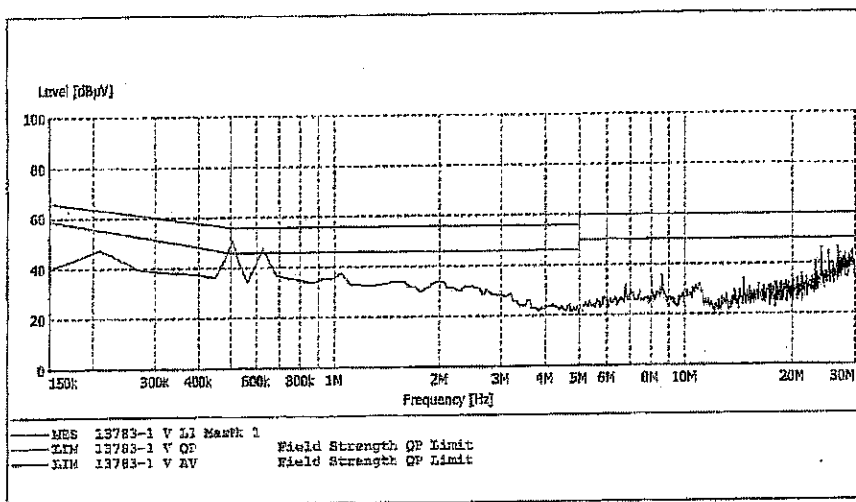
Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L2
		MaxPeak			



四、電磁爐：其量測值皆在限制值下方。

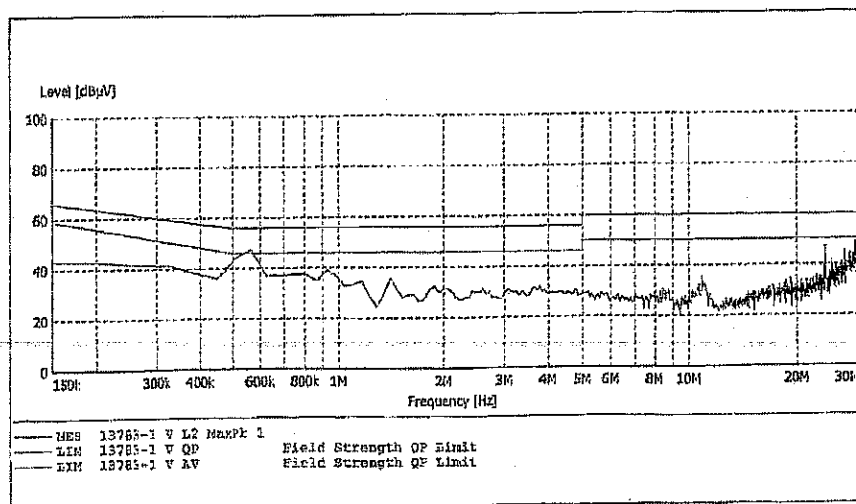
SWEEP TABLE: "13783-1 V L1(Lc)"

Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L1
		MaxPeak			



SWEEP TABLE: "13783-1 V L2(Lc)"

Short Description:		Field Strength QP Limit			
Start	Stop	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
150.0 kHz	30.0 MHz	MaxPeak	1.0 s	9 kHz	EMCO 3825/2 L2
		MaxPeak			



陸、結論與未來展望

安全規範的「安全」即意味著維護生命與財產的完整性，此處的安全並非指安全不受到任何損害或完全沒有災害發生，而是指即使災害發生且遭到損害及危險性亦在可接納、可忍受的程度之內[1]。

現今消費市場上充滿了各色各樣的產品，各項產品、製程或服務的安全水準是依據目前的社會價值標準，就某一可接受的危險程度而訂定的[1]。

產品安全規範：針對某一特定產品或是一群產品而訂定的安全規範，規範內需清楚且完整地陳述一些測試方法及其遵循法則，來證明產品的設計及製造是恰當的，與安全相關的條例會被視為規範或準則，具有強制性，務必要遵守。因此標準檢驗局在起草規範或準則時，對於安全事項有所規定的條例都優先考慮納入，同時提出各項強制要求以避免災害的發生或降低此類災害的危險性[1]。

家用電器產品關機、或斷電之後，在電容器裡會殘留電能；除了特殊產品、或特殊用途外，大部分是低壓直流電。也就是說，整個電路在斷電或關機後有大部分是 DC 的殘餘低電壓，至於殘留電量的大小，與主回路的工作電壓、電容的規格、以及電容的數量有關。但因為回路裡有電阻，可以消耗殘存的電能，一般而言，可在 2 秒以內消除這些殘存的電能。

此次研究所市購檢驗的四個產品應能涵蓋目前電器產品的種類及型態，綜觀以上試驗結果符合家用電器安全規範 CNS 3765 第 22.5 節對於電源插頭殘餘電壓與電擊危險之規範，且也符合 EMI 電磁干擾 CNS 13783-1 的規範；代表標準檢驗局對國內家電產品安全性努力的成果，也是對國內消費者的生命安全和財產提供保障。

本研究以 CNS 3765 (94.9.7)「家用與類似用途電器產品的安全－第 1 部：通則」第 22.5 節之測試程序為主軸，了解各類電器產品之電源插頭殘餘電壓性質（交、直流成分）並參考其他 IEC 標準之要求，以瞭解國際標準之發展趨勢，供本局及各指定實驗室執行家電產品檢驗之參考。