

第一章 緒 論

1.1 研究背景

EMI(Electro Magnetic Interference)為一種電磁波TT干擾，定義為任何可能引起裝置、設備或系統性能降低或者對有生命或無生命物質產生損害作用的電磁現象，其干擾源來自電子元件分佈密度過高，或是高頻電路所造成。

雜訊的發生必需要有來源(source)、耦合路徑(coupling path)以及易感染的接收器(susceptible receptor)，這三者必需一起出現才會有 EMI 問題的存在。

EMI 的抑制對象主要分為輻射性(Radiated)與傳導性(Conducted)電磁干擾，輻射性EMI 是直接經由開放空間傳遞，不須要經由任何傳輸介質，故一般僅能以遮蔽(Shielding)、接地(Grounding)等方式來解決。而傳導性EMI，它是經由電源導線來傳遞雜訊，故連接在同一個電力系統的電氣裝置所產生的EMI 會經由電源線而彼此相互干擾[1]。

簡單說是由於電子設備之電路元件工作時瞬間電流變化『 di/dt 』，未做處治而導致雜訊散射造成EMI問題。

1.2 研究目的

CNS13783-1 家電產品 EMI 測試，為家電產品必要測試的一環，而家電產品自己本身因為電子零組件(如震盪器、開關元件、半導體元件、IC…) 如圖(1.1~1.7)或電子機板回路的設計不良產生高頻的電磁干擾，若其干擾值高於標準值，會使得消費者在使用的安全性上及對家裡的其他電子儀器受到影響。



圖 1.1 有電子控制機板電扇之控制面板

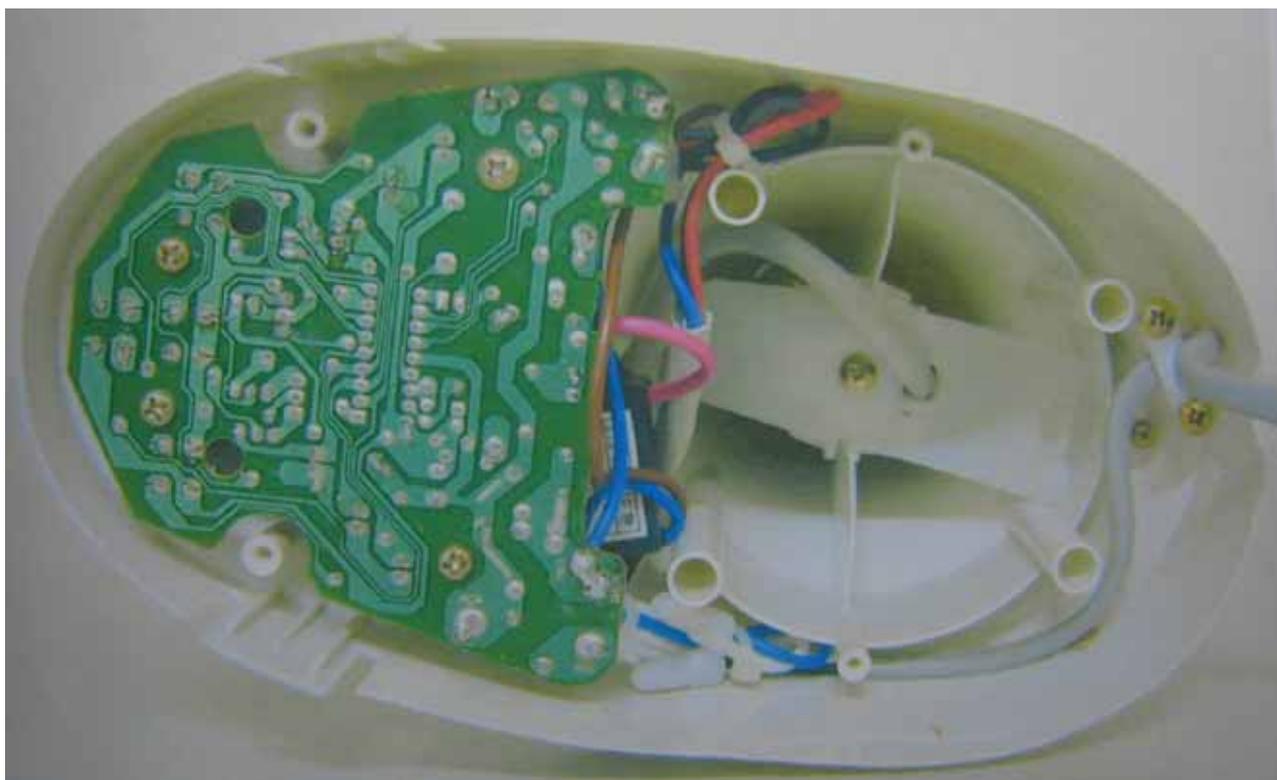


圖 1.2 有電子控制機板電扇之電子電路機板(背面)

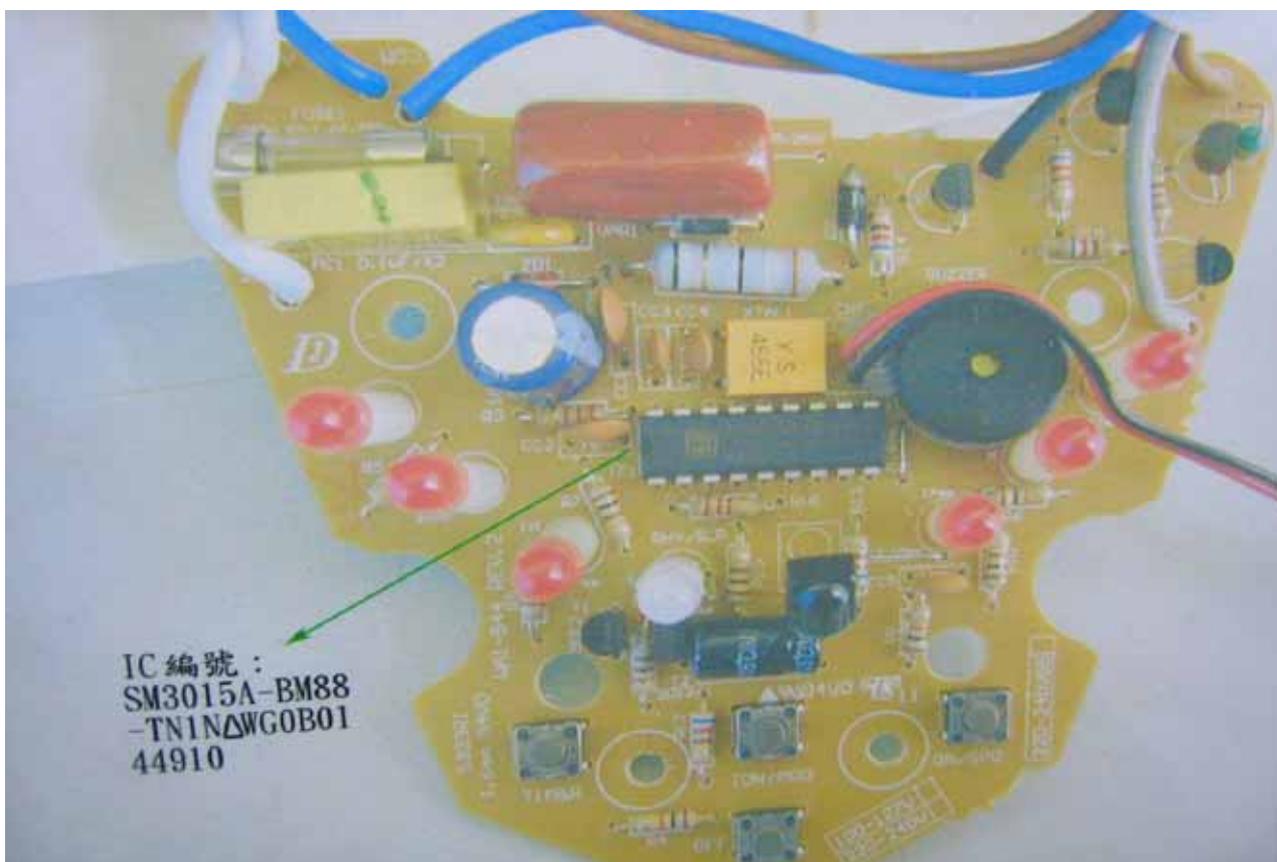


圖 1.3 有電子控制機板電扇之電子電路機板(正面)

電 路 圖

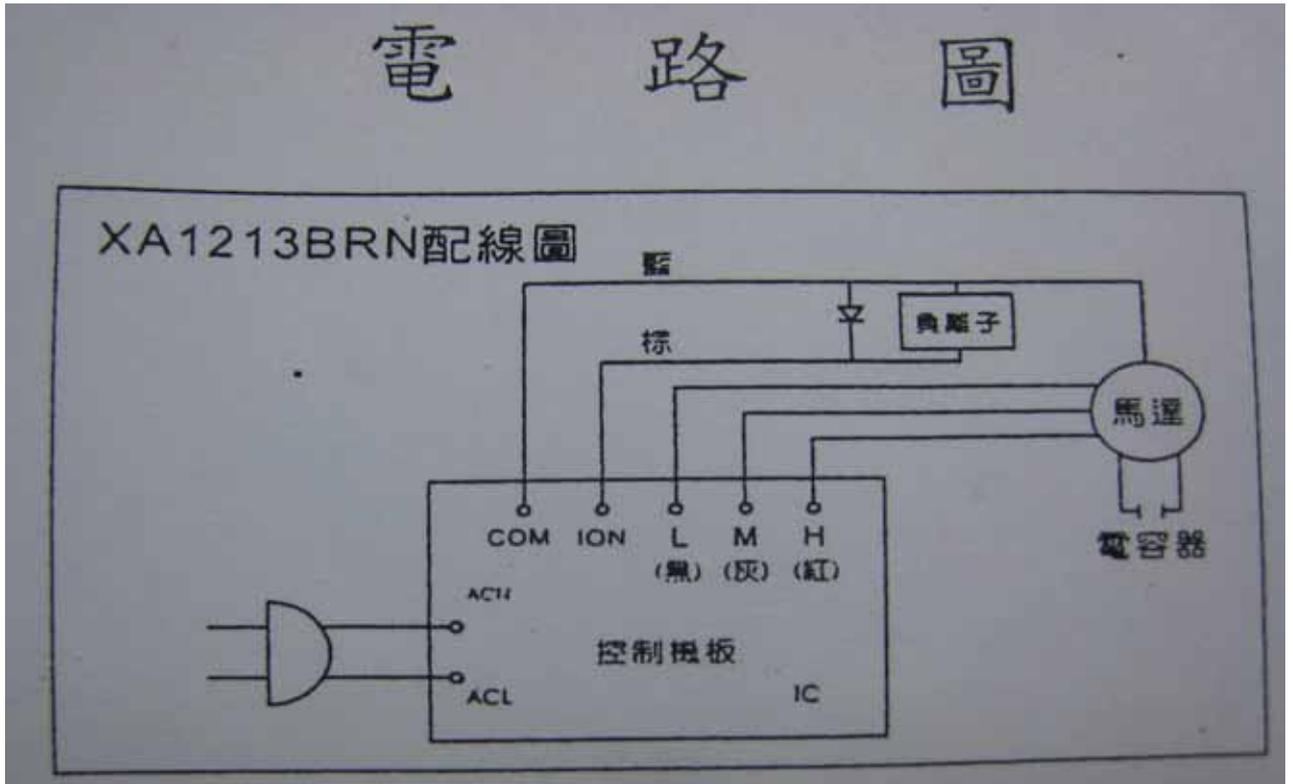


圖 1.4 有電子控制機板電扇之電力線接線圖

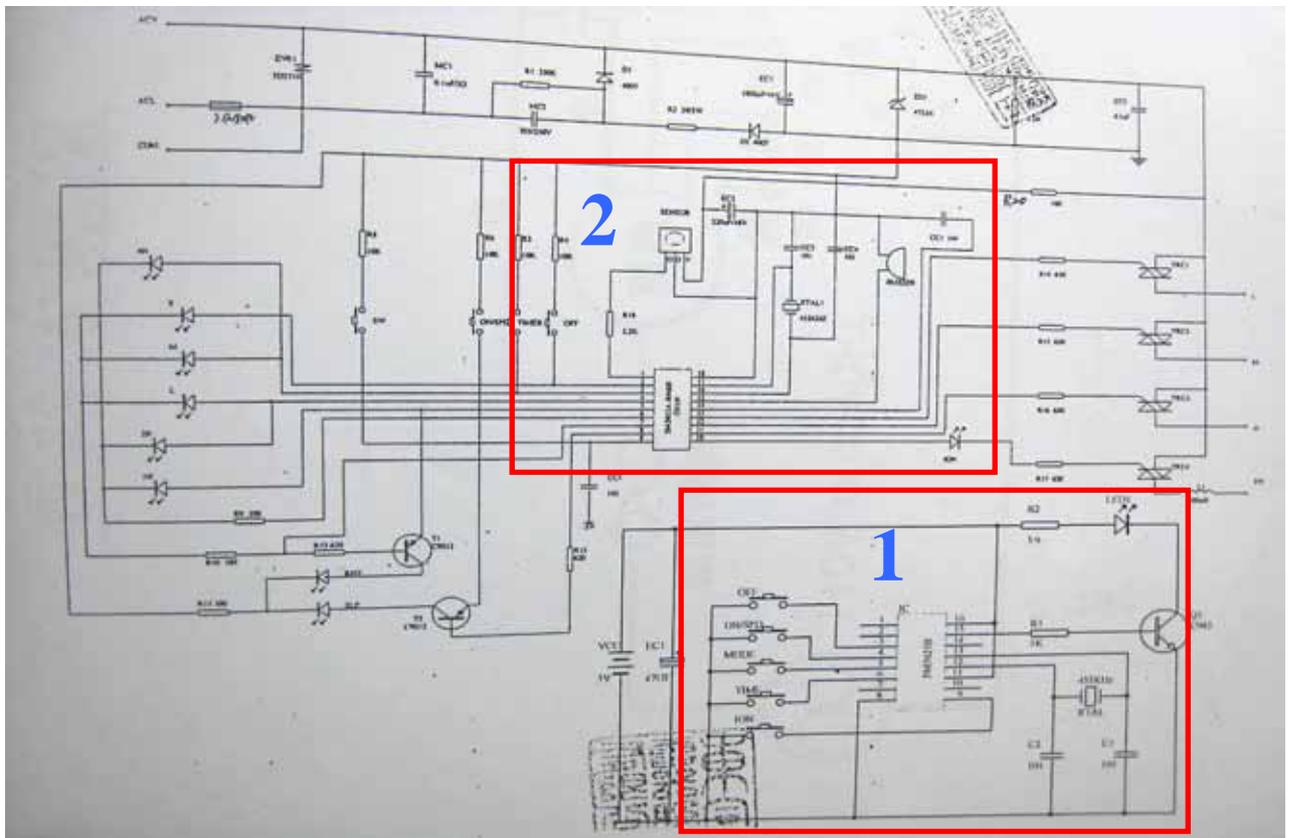


圖 1.5 有電子控制機板電扇之電子電路接線圖

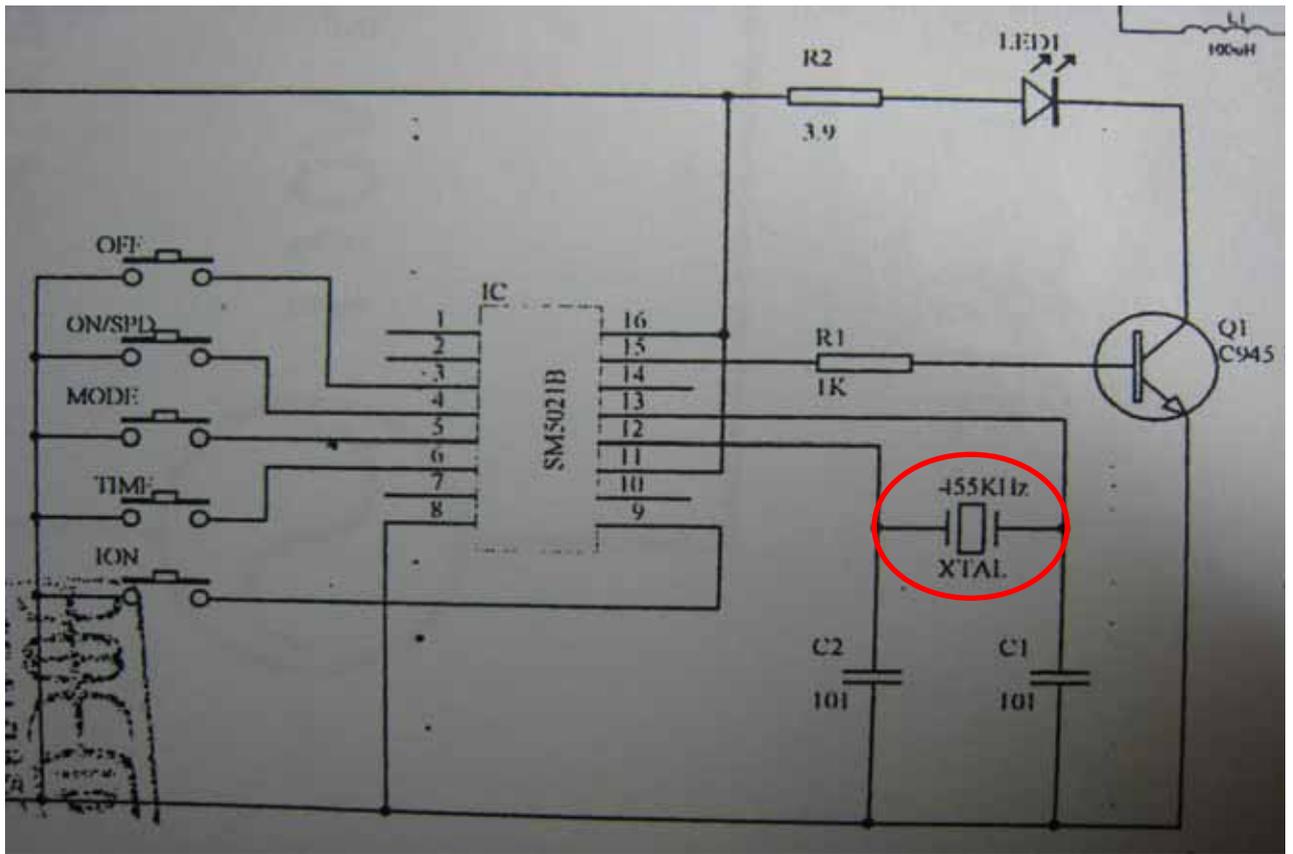


圖 1.6 為圖 1.5 方塊 1 之放大圖

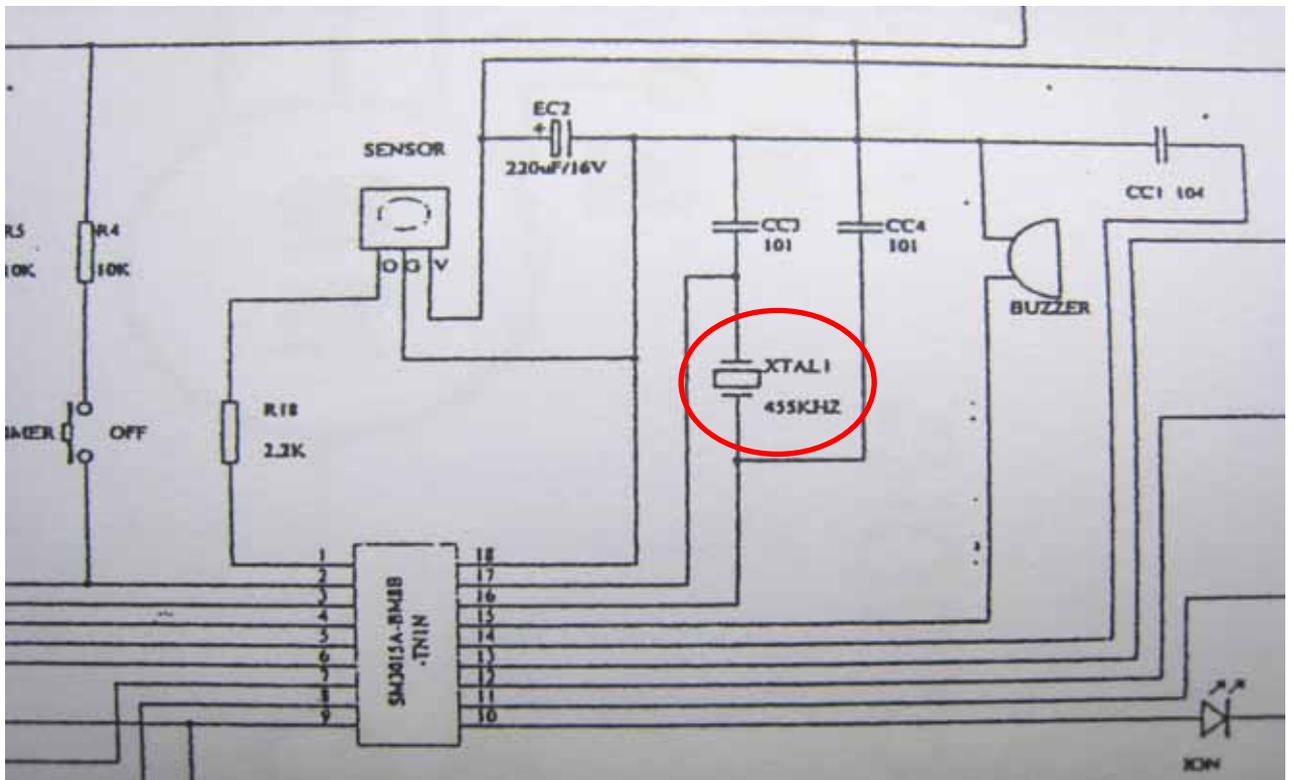


圖 1.7 為圖 1.5 方塊 2 之放大圖

如圖 1.6 與 1.7 的 XTAL 就是一個干擾源

XTAL 石英晶體 (Quartz Crystal)

兩隻接腳，石英晶體片附上電極，並封在金屬殼裡，必須接上適合的電路才會振盪。很多 IC 內部已有振盪電路，只需接上 Xtal 與電容就可振盪也稱作時脈電路。所謂振盪就是產生電子電路所需的高頻響應，但這個高頻若由線路傳導到電力系統或由空間輻射發出就會干擾到電力系統或其他電子設備。

EMC 對策：金屬外殼接地。接線要短、四周要有地作屏蔽。

但本局所強制列檢 EMI 的家電產品中有些構造是機械式按鈕無電子控制機板的產品，在廠商申請驗證登錄審查時，實驗室所出具的 EMI 報告中其所量測出來的干擾值常甚低於標準值，且分局在執行該類產品工廠及市場取樣做 EMI 檢測也常發現此現象。

因此提出此項研究希望將該類的家電產品先依其原理推論，再依個別產品做分項歸類，將理論及實測值列表，以提供總局及分局往後 EMI 檢測時的參考。

但由於時間限制本次專題將集中於電扇類產品的分析探討，而電扇本身線路及機械式開關強、中、弱功能均與 EMI 無關如圖(1.8~1.10)，其功率級馬達的線圈電流(di/dt)是產生 EMI 的主要來源。



圖 1.3 機械式按鈕無電子控制機版之電扇外觀



圖 1.4 機械式按鈕無電子控制機版之電扇內部接線

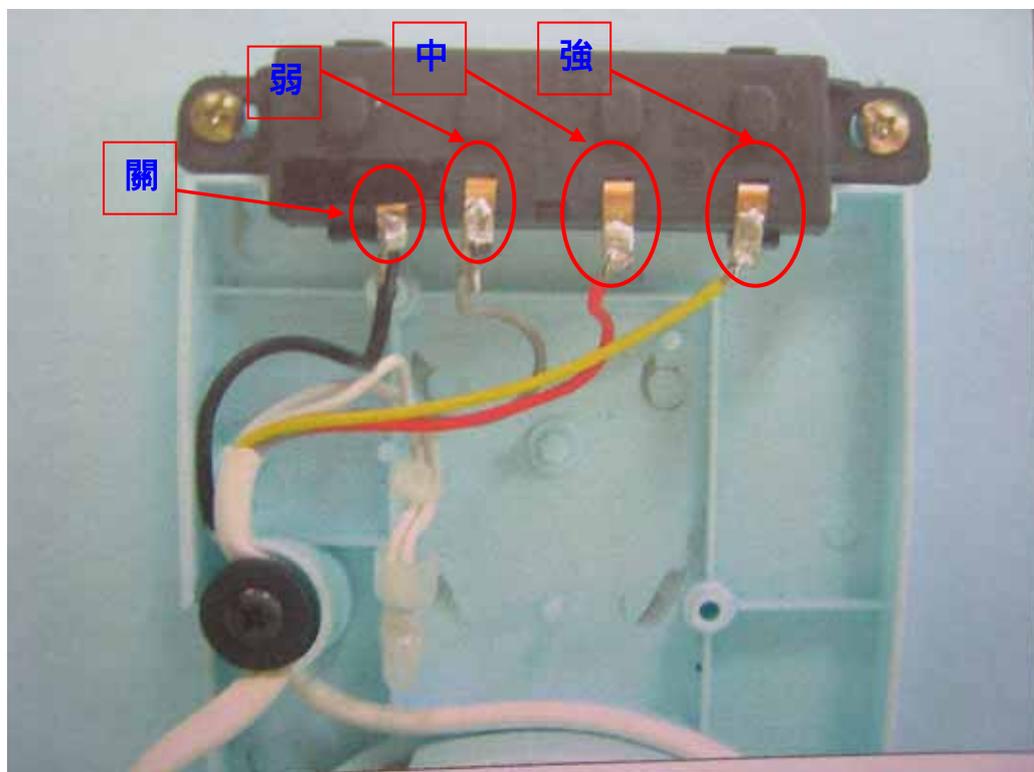


圖 1.5 電扇之機械式按鈕內部接線

1.3 專題內容概述

第二章 電扇常用馬達之動作原理。介紹電扇常用的馬達為單相感應馬達及蔽極式馬達其結構及運轉原理，分析其啟動及運轉時可能產生的EMI。[2]

第三章 電扇常用馬達傳導性(Conducted) 電磁干擾。介紹傳導性電磁干擾量測原理及其低頻諧波相關管制標準，將單相感應馬達及蔽極式馬達量傳導性電磁干擾值在其風速強、中、弱時量測出並分析之。[7]

第四章 電扇常用馬達輻射性(Radiated) 電磁干擾。介紹輻射性電磁干擾量測原理及其高頻諧波相關管制標準，將單相感應馬達及蔽極式馬達量輻射性電磁干擾值在其風速強、中、弱時量測出並分析之。[1]

第五章 結論與未來展望。本研究針對機械式按鈕無電子控制機板的電扇產品，所衍生高低頻諧波干擾及輸出特性進行研究。但隨著一般家庭用途不同的家電產品，像是只使用電熱絲加熱的機械式按鈕無電子控制機板烘碗機或是電暖器等等，其研究方法皆可用來分析其高低頻輸出特性。

第二章 電扇常用馬達之動作原理

2.1 電動機原理

電動機原理：磁場對通電導體之作用力

電動機原理意即帶有電流之導體，在磁場中受一力之作用。可以用佛萊銘左手定則描述，將左手之大拇指、食指與中指伸直，並使彼此互相垂直，以食指表示磁場至S之方向，中指表示電流之方向，則大拇指所指方向即為導線受力方向。

電動機實為電能轉換為機械能(或動能)之機械，其轉換過程也需有磁能為媒介才行。



圖 2.1 電動機實為電能轉換為機械能(或動能)之機械

2.2 交流感應電動機原理

一般電動機都稱馬達，感應馬達是利用電流方向會隨時間而改變的交流電源，將定子線圈通交流電，使其如永久磁鐵般產生磁場(稱為迴轉磁場)，再利用和轉子所產生的感應電流之間的相互作用來產生迴轉力，馬達的迴轉力由磁極流通的電流強度來控制。

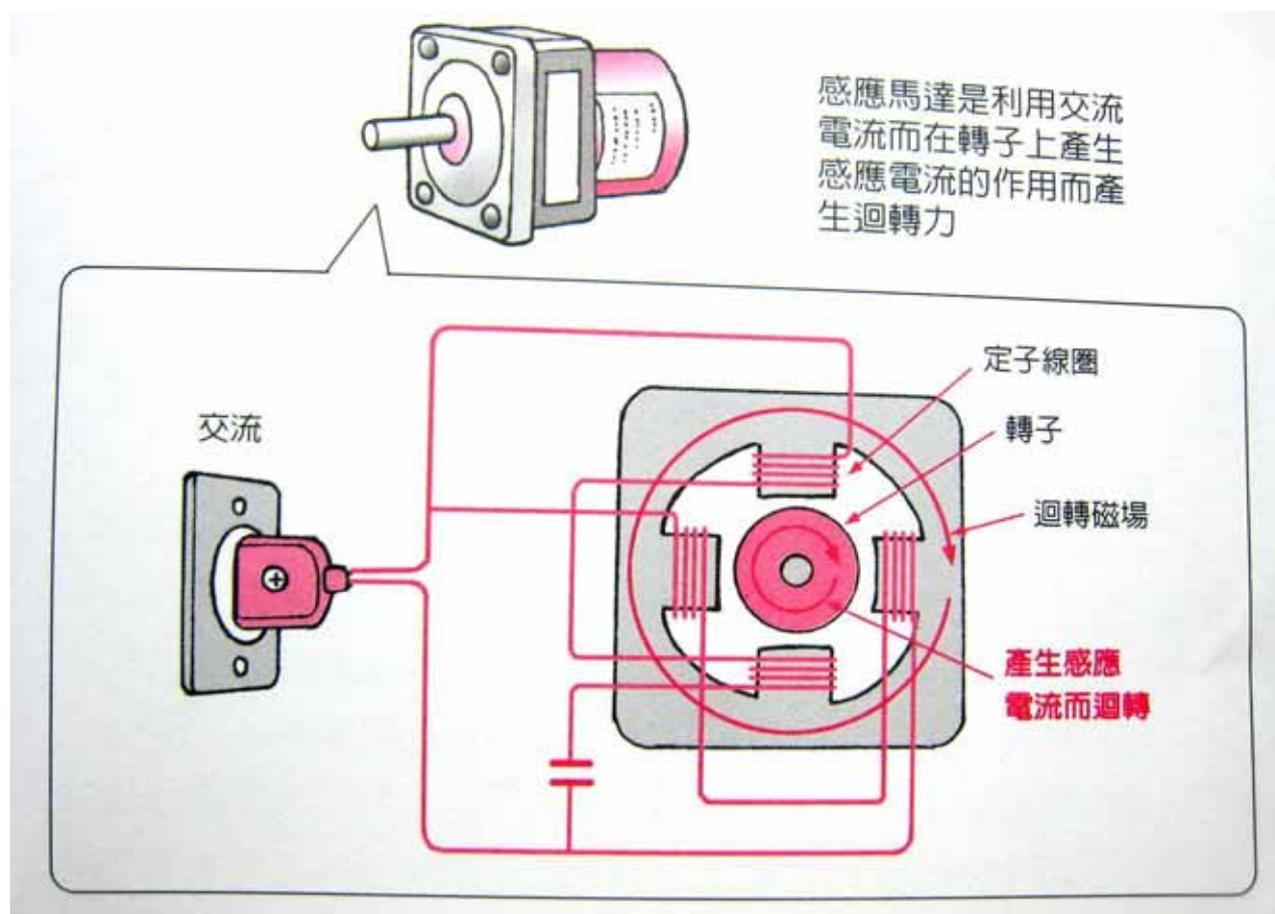


圖 2.2 感應電動機運轉原理圖

2.2.1 交流單相感應馬達

一般家庭都使用單相的電源，因此家庭裡使用的電扇都是單相的交

流馬達，而單相永久性電容分相式感應馬達最常被電扇所採用。因為單相繞組只能產生”位置不變大小隨時間改變的單相交變磁場”不能產生旋轉磁場，故不能自己啟動。其原理如圖 2.3 為了在周圍磁場產生不同的相位，電容分相式啟動馬達在一組周圍磁場線圈串接一個電容器（分相電容）成為啟動線圈，以使與其主線圈產生相位差，因而產生旋轉磁場，使之能起動運轉。缺點是啟動轉距較低、效率較低，也較沒力，優點是構造簡單無需離心開關，副線圈匝數較少，相位差也較小。

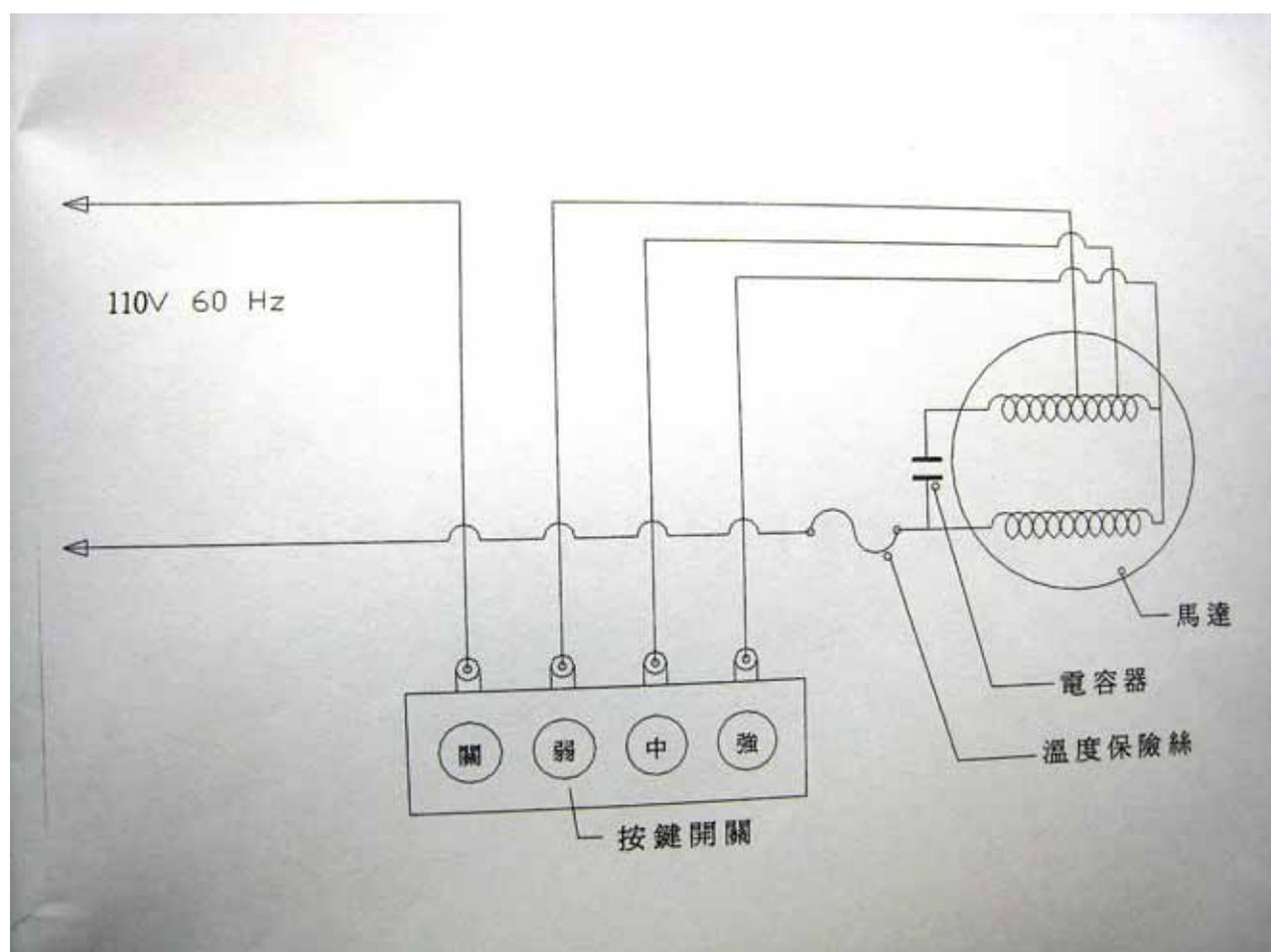


圖 2.3 電扇使用單相永久性電容分相式感應馬達接線圖

單相感應電動機的旋轉磁場分析[3]

圖 2.4 為單相感應電動機的等效電路：(a) 轉子堵住（靜止）；(b) 轉子堵住，顯示其正向磁場及反向磁場之效應；(c) 轉動情況。

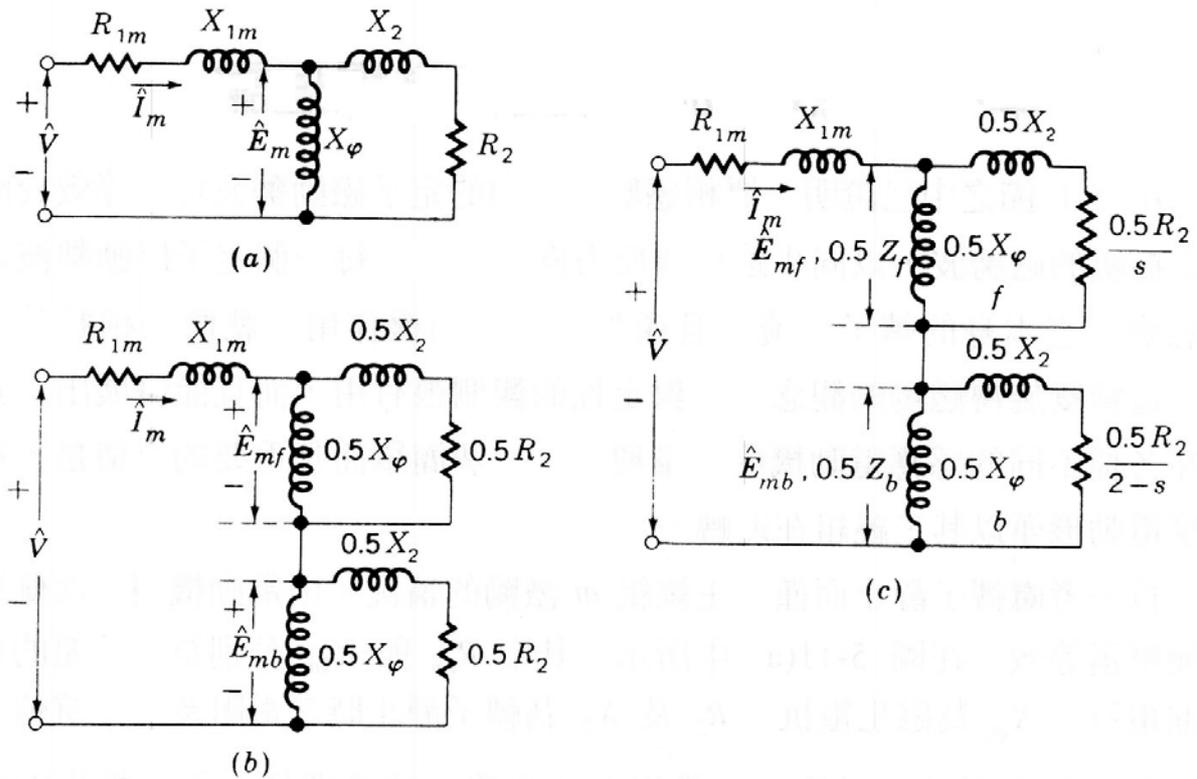


圖 2.4 單相感應電動機的等效電路

轉子依然以對應於正磁場轉差率而轉動，其對應正反磁場方向以標么轉速 n 為：

$$n = 1 - s$$

相對於反向磁場的轉子相對速率為 $1 + n$ ，或其對應於反向磁場的轉差率為：

$$1 + n = 2 - s$$

利用圖 5-11(c) 的等效電路，可算出在任意假設轉差值時，所加入的電壓，及電動機阻抗為已知時，電路之定子電流，輸入功率及功率因數，將符號簡化，令

$$Z_f = R_f + jX_f \equiv \left(\frac{R_2}{s} + jX_2 \right) \text{並聯 } jX_\phi$$

且

$$Z_b = R_b + jX_b \equiv \left(\frac{R_2}{2-s} + jX_2 \right) \text{並聯 } jX_\phi$$

此阻抗代表正向及反向磁場效應，由單相的觀點來看，定子繞組 m 分別為 $0.5Z_f$ 及 $0.5Z_b$ ，示於圖 2.4(c) 之中

對稱二相電動機之不平衡運轉，對稱分量觀念

感應電動機的不平衡運轉是發生在當加於定子電壓不能構成平衡多相繞組時，或當定子及轉子繞組相對於各相不構成對稱時。

轉子以 a 繞組向 m 繞組的方向以標么轉速 n 轉動，當外加電壓 V_a 領先 V_m 90° 時，每相之端點阻抗可由圖 2.5(a) 的等效電路中得到，此相序稱為正序 (positive sequence)，以註腳 f 標示。若轉子一直強迫以相同的速率和方向旋轉，當 V_a 落後 V_m 90° 時，每相端點阻抗由 2.6(b) 等效電路得到。這個相序稱為負相序 (negative

sequence) 而以註腳 b 標示。

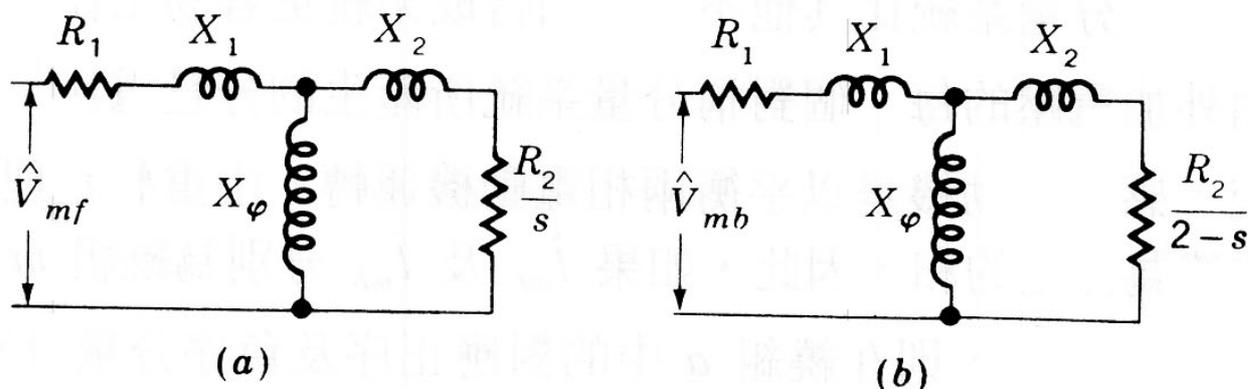


圖 2.5 在平衡情形下兩相電動機之等效電路：(a) 順向磁場；(b) 逆向磁場。

假設兩個相序相反的平衡兩相電壓源成串聯連接且同時加入電動機，如圖

2.6(a) 所示。其中由一平衡正序系統所供應之相量電壓 \bar{V}_{mf} 及 $j\bar{V}_{mf}$ 分別加到繞組 m 及 a ，而另一平衡負序的系統所供應的相量電壓為 \bar{V}_{mb} 及 $-j\bar{V}_{mb}$ 也分別加到 m 與 a 的繞組上，因此加到繞組 m 的合成電壓 \bar{V}_m 以相量表示：

$$\bar{V}_m = \bar{V}_{mf} + \bar{V}_{mb}$$

而加到繞組 a 的電壓為

$$\bar{V}_a = j\bar{V}_{mf} - j\bar{V}_{mb}$$

正向或正序系統如圖 5-13(a) 之相量圖 \bar{V}_{mf} 及 $j\bar{V}_{mf}$ 。而反向或負序系統為 \bar{V}_{mb} 及 $-j\bar{V}_{mb}$ ，則合成電壓由 \bar{V}_m 及 \bar{V}_a 相量所給。因此，不平衡外加電

壓 \bar{V}_m 及 \bar{V}_a 的兩相系統是由兩個反相序的對稱系統合併而成。

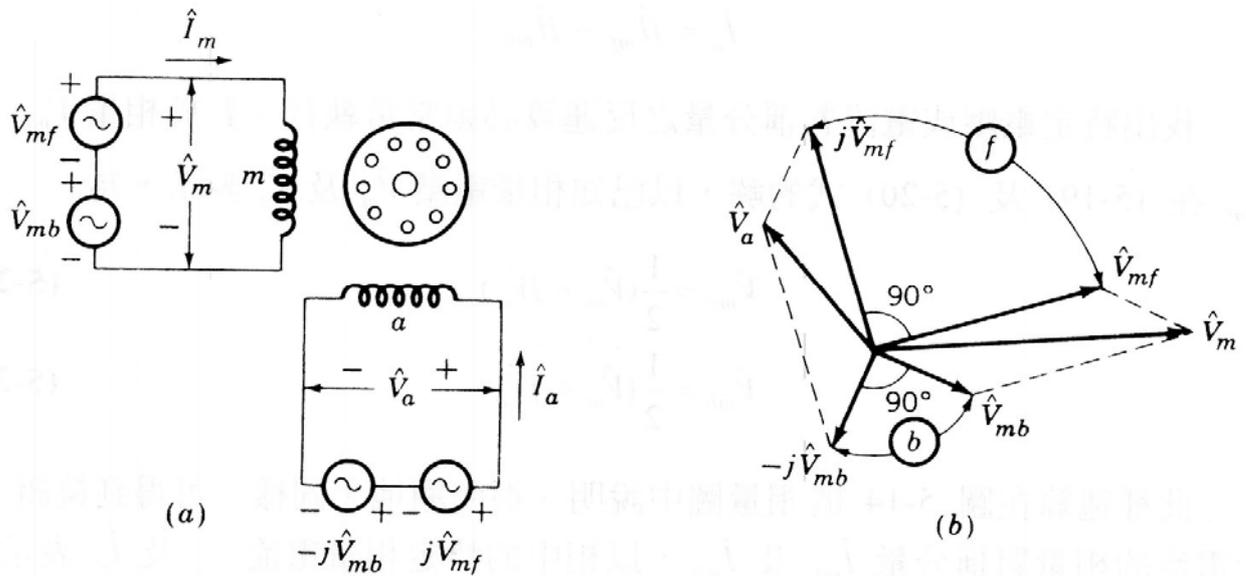


圖 2.6 由兩個平衡相序、相反的系統之和所合成的不平衡兩相系統

對於單相定子繞組之感應電動機，若定子電流是時間的餘弦函數，則磁動勢波可寫成時間(ωt)與空間函數(θ)，如：

$$\mathcal{F}_1 = F_{1, \max} \cos \omega t \cos \theta$$

與上式所示，可以寫成大小相等的正向及負向進行磁動勢波之和，正向進行波如：

$$\mathcal{F}^+ = \frac{1}{2} F_{1, \max} \cos(\theta - \omega t)$$

而負向進行波為：

$$\mathcal{F}^- = \frac{1}{2} F_{1, \max} \cos(\theta + \omega t)$$

因 $\omega = 2\pi f$ 且電扇馬達接用於市電 $f = 60\text{Hz}$

圖2.8若以8極($P=8$)定子來計算轉速 $S = 120f/P = 120 \times 60/8 = 900$ rpm，每分鐘900轉=每秒15轉，每轉經過八極，所以經過每極的時間為 $1/15 \times 8 = 1/120$ 秒這個時間為 dt ，再依據負載電流即可得到暫態方面的 di/dt ，所以時間越短或負載越大其 di/dt 越大，所產生的干擾也越大，但一般家用電扇消耗功率都在100W以下，而 di/dt 需透過電路上的寄生電感與電容傳遞雜訊，才會造成干擾產生的問題。且EMI線性正比於電流、電流迴路的面積以及頻率的平方，即 $EMI = kIAf^2$ ，其中 I 是電流， A 是迴路面積， f 是頻率， k 是與電路板材料和其它因素有關的一個常數。

由上述可知這個干擾的頻率(kHZ)跟國家標準 CNS13783-1 EMI 所規範管制的干擾頻率(傳導干擾 0.15MHz~30MHz、輻射干擾 30MHz~300MHz)相差甚遠。

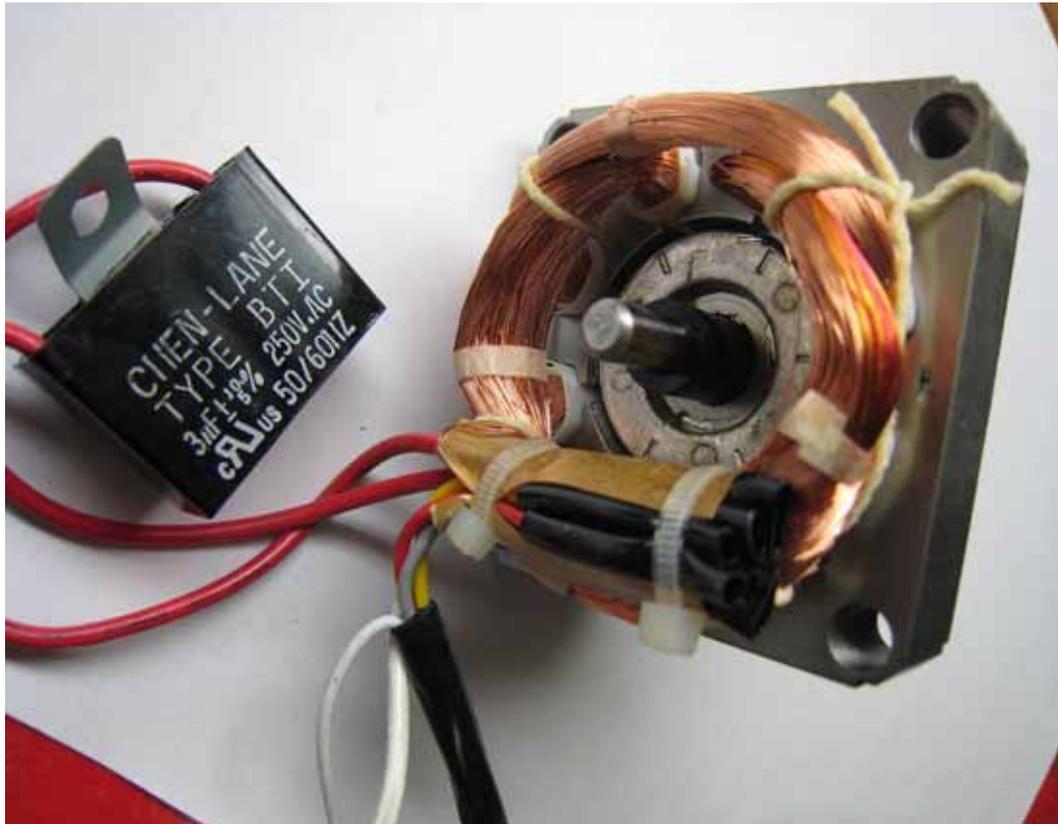


圖 2.7 電扇使用單相永久性電容分相式感應馬達實體圖(左為分相電容)



圖 2.8 電扇使用單相永久性電容分相式感應馬達實體圖(左為馬達定子)



圖 2.9 電扇使用單相永久性電容分相式感應馬達實體圖(轉子)

2.2.2 蔽極式馬達

蔽極式馬達也稱為蔽極線圈單相感應馬達(Shaded Pole Type)，(圖 2.10)其原理在主線圈纏繞的鐵心上一部份作出缺口來設置蔽極線圈，主線圈產生磁束時，和蔽極線圈產生的磁束之間會產生相位差，因而產生移動磁場，使轉子轉動，由其啟動及運轉原理可知在市電 110V 加到線圈由電流產生磁場，可以說無任何干擾源的存在。與感應馬達不同的是不需啟動電容，便宜構造簡單低維修率，40W 以下。實體圖如 2.11 和 2.12。

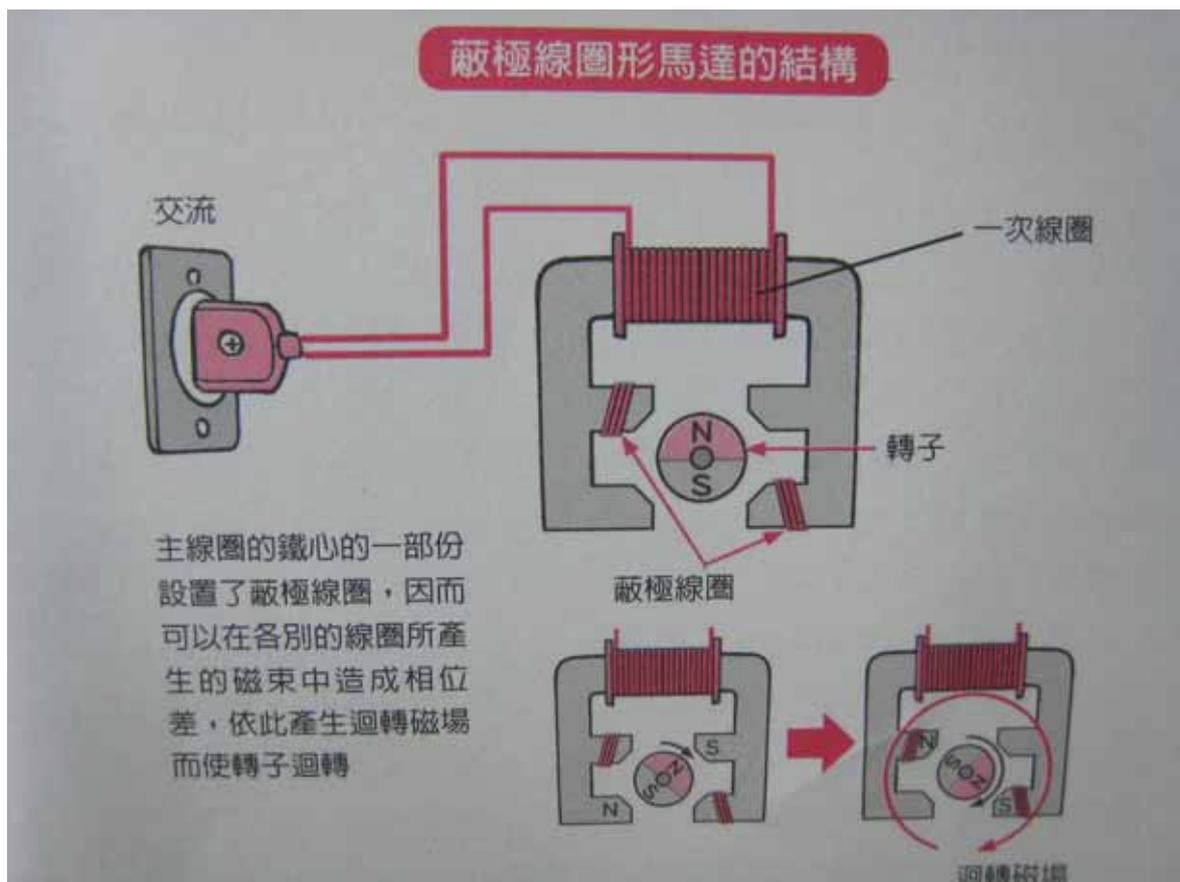


圖 2.10 蔽極式馬達運轉原理圖

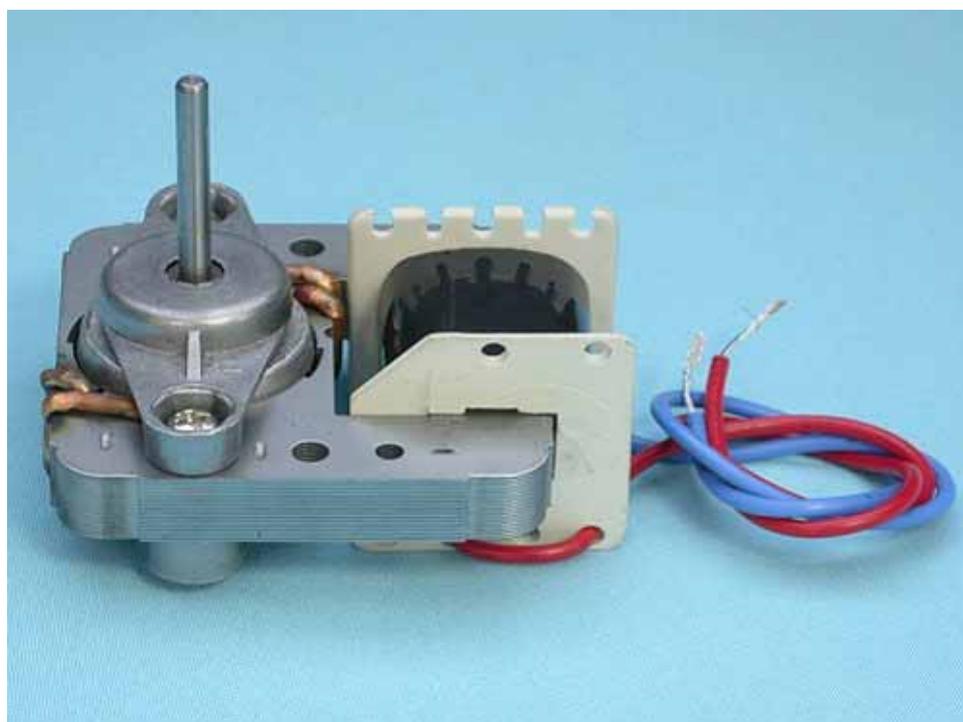


圖 2.11 蔽極式馬達實體圖

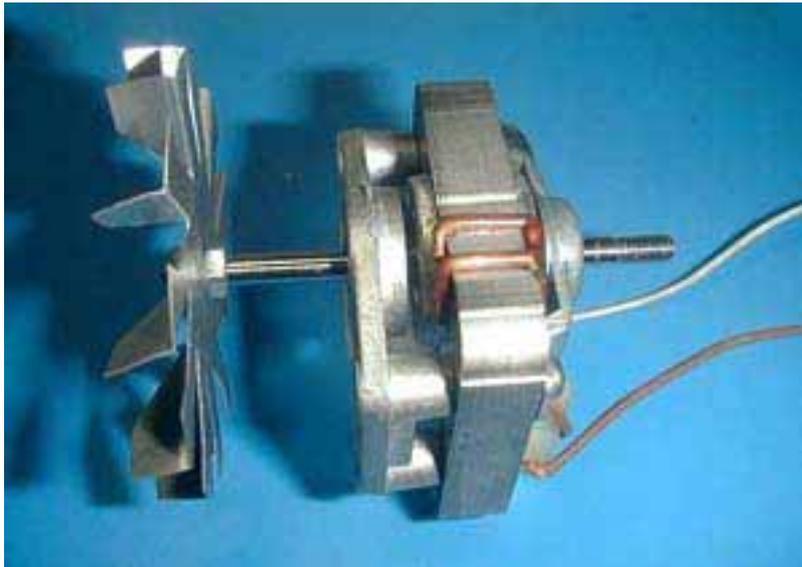


圖 2.12 蔽極式馬達實體圖

第三章 電扇常用馬達傳導性(Conducted)電磁干擾

3.1 量測系統架構

傳導性EMI 量測系統如圖3.1所示，圖中可以把雜訊分解成共模雜訊 (Common mode noise) 和差模雜訊 (Differential mode noise) 兩個分量，此兩個雜訊分量分別是由共模雜訊電流和差模雜訊電流所造成的。在單相三線式的電力系統中，其共模雜訊電流CM所指的是Line(L)、Neutral(N) 兩線 (由LISN 之L1和L2 端所取到的總雜

訊)，相對於接地線 (Ground) 之雜訊電流分量，而差模雜訊電流DM指的是直接流經Line 和Neutral 兩線之間而不流經過地線之雜訊電流分量[1]。

圖上雜訊由電源傳輸阻抗穩定網路(Line impedance stabilization network, LISN)取出以後，經過雜訊分離器(Noise separator)可得到想要的雜訊值，再以頻譜分析儀(Spectrum analyzer)進行量測。

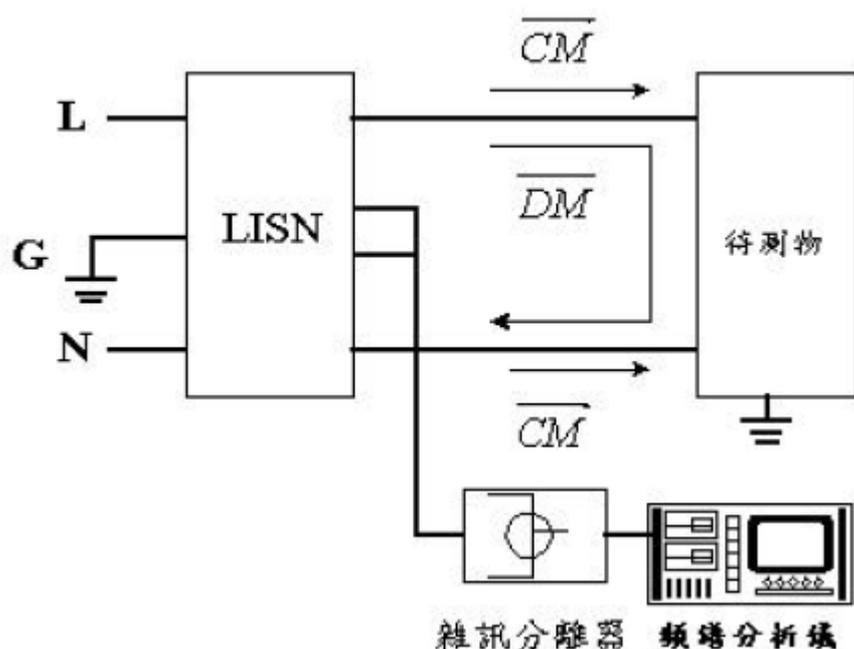


圖3.1 傳導EMI 量測系統架構

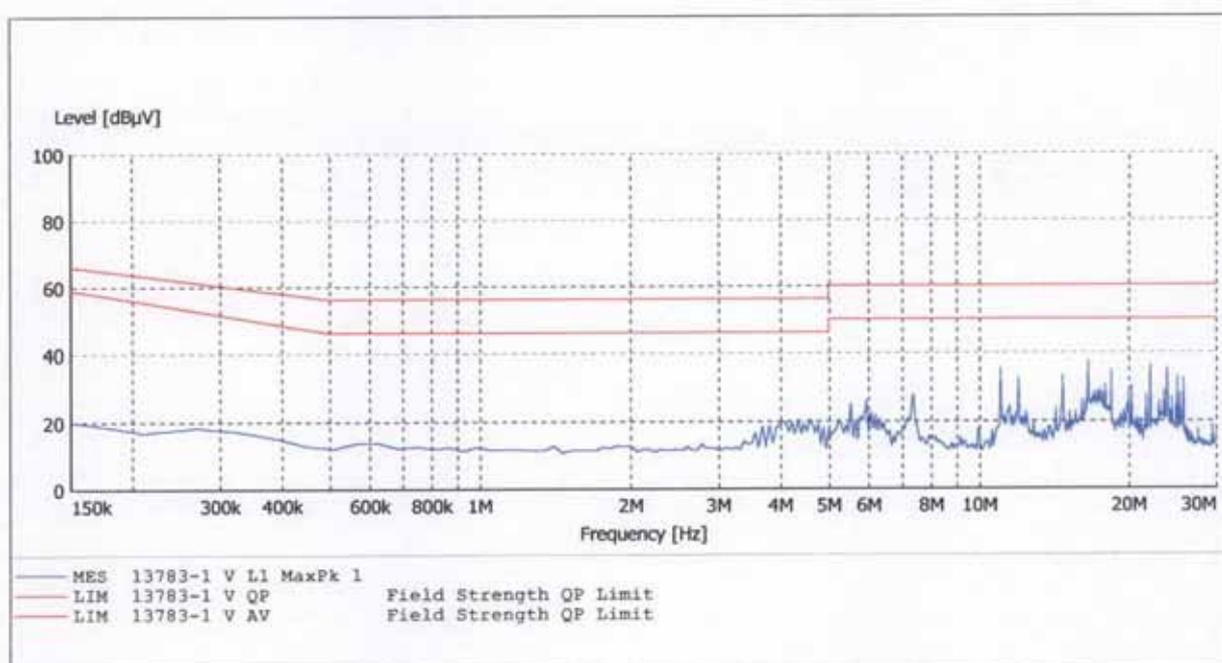
3.2 單相永久性電容分相式感應馬達傳導性 EMI

樣品資料：12 吋立扇

樣品 型號	EF-1207T	EF-1207M	EF-1207MR
規格	110V 60Hz 60W	110V 60Hz 60W	110V 60Hz 60W
風量	弱/涼/強風	微(自然)/涼/強風	微(自然/睡眠)/ 涼/強風
定時	180 分/連續 (機械阻尼定時)	1/2/4hr	1/2/4/8hr
控制 方式	機械式	觸控式(電子基板)	觸/搖控式(電子 基板)

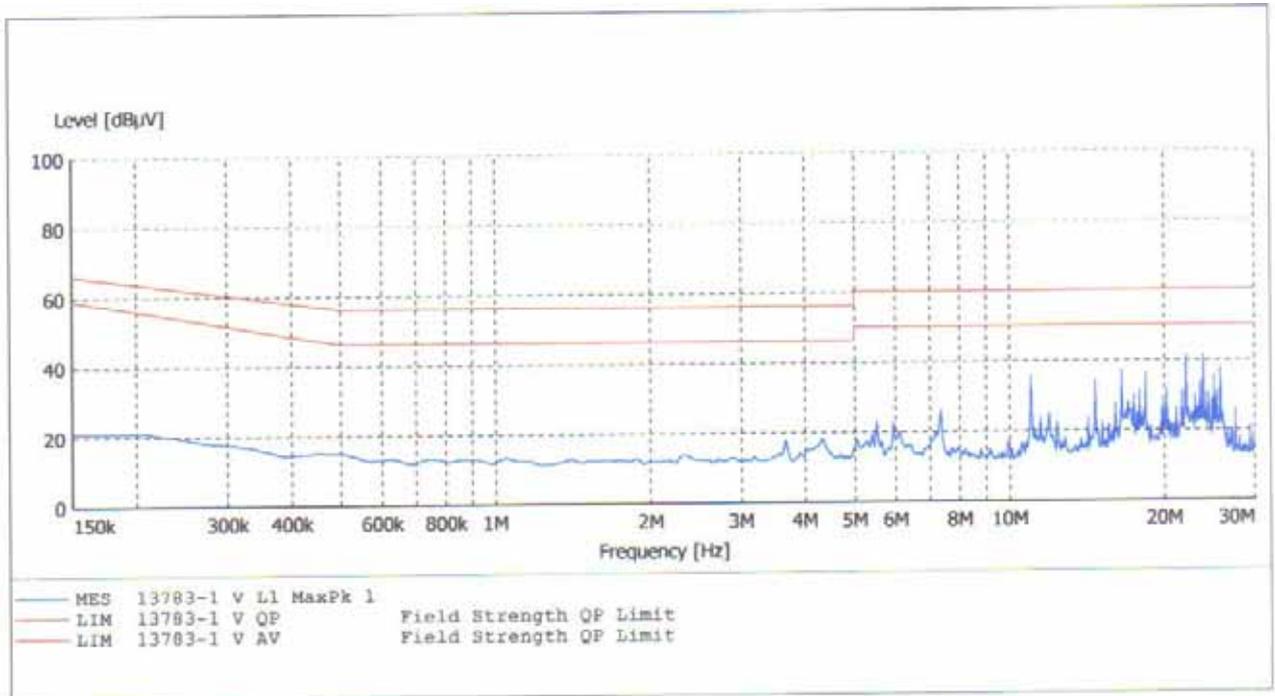
3.2.1 L1傳導干擾

L1傳導干擾 背景雜訊(Ambient noise)

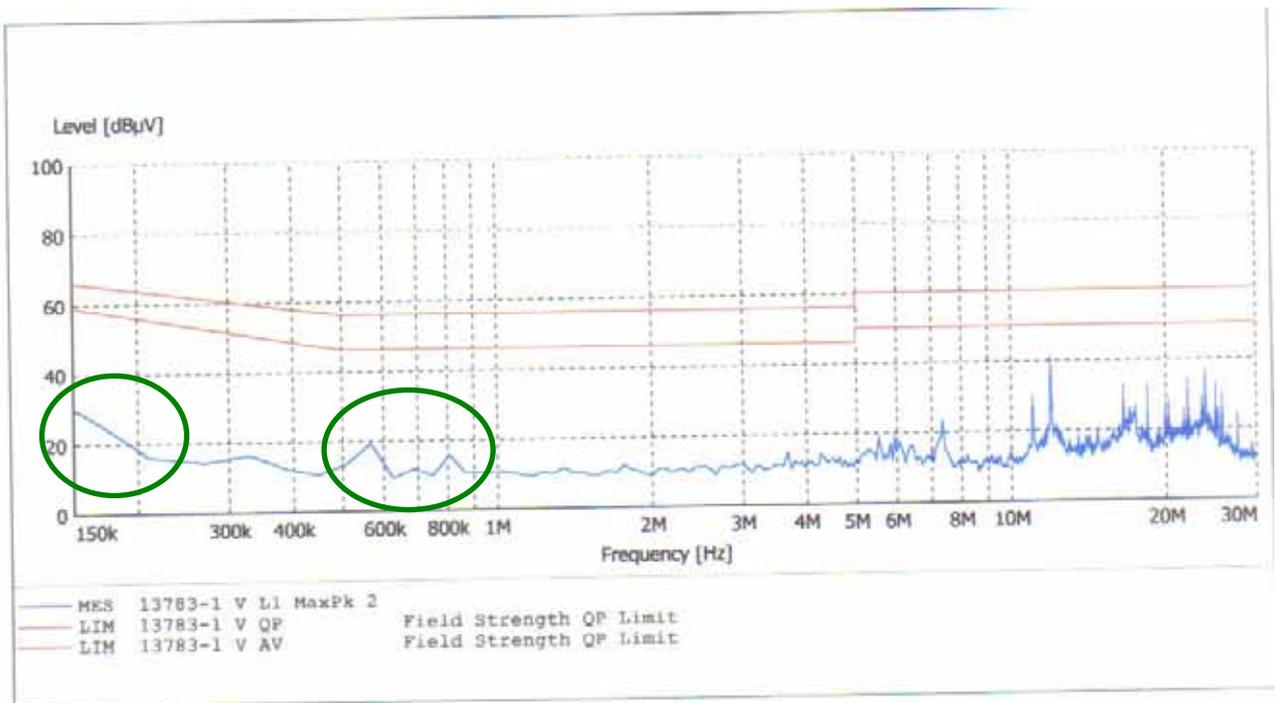


以 PRE-SCAN 各樣品最差模式

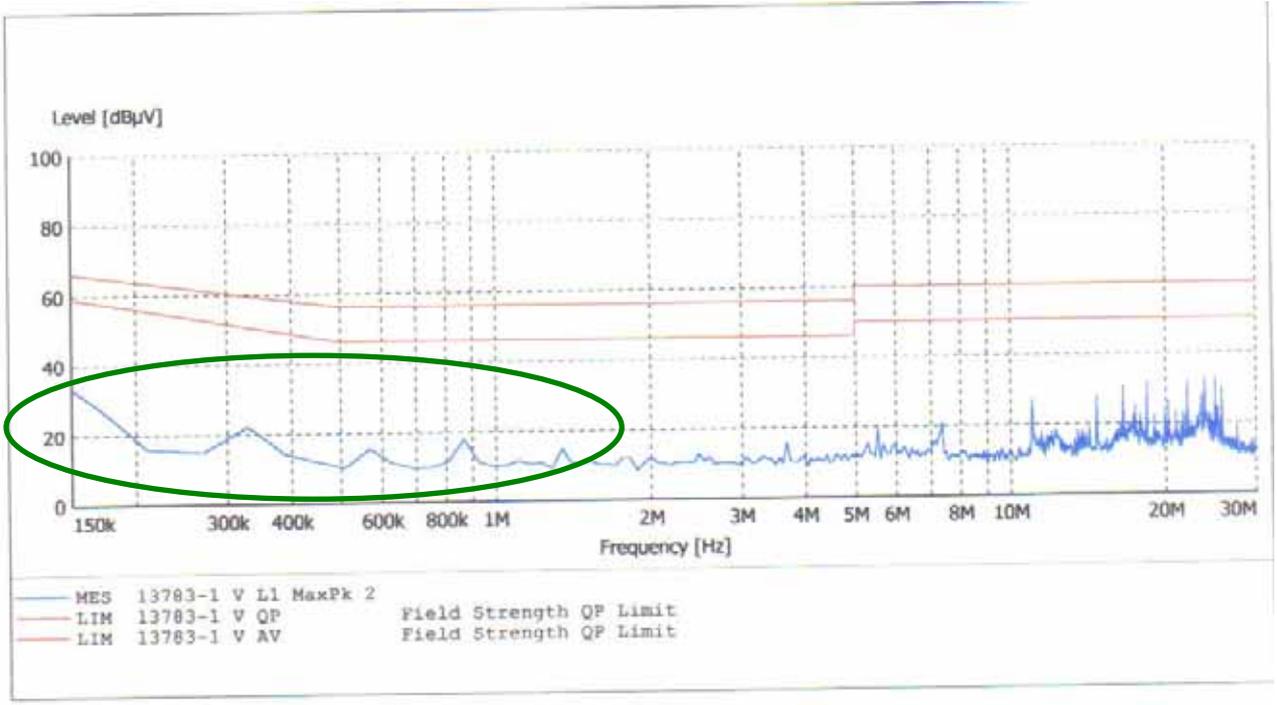
EF-1207T(機械式) 傳導干擾 L1 頻譜圖



F-1450 觸控式(電子基板) 傳導干擾 L1 頻譜圖

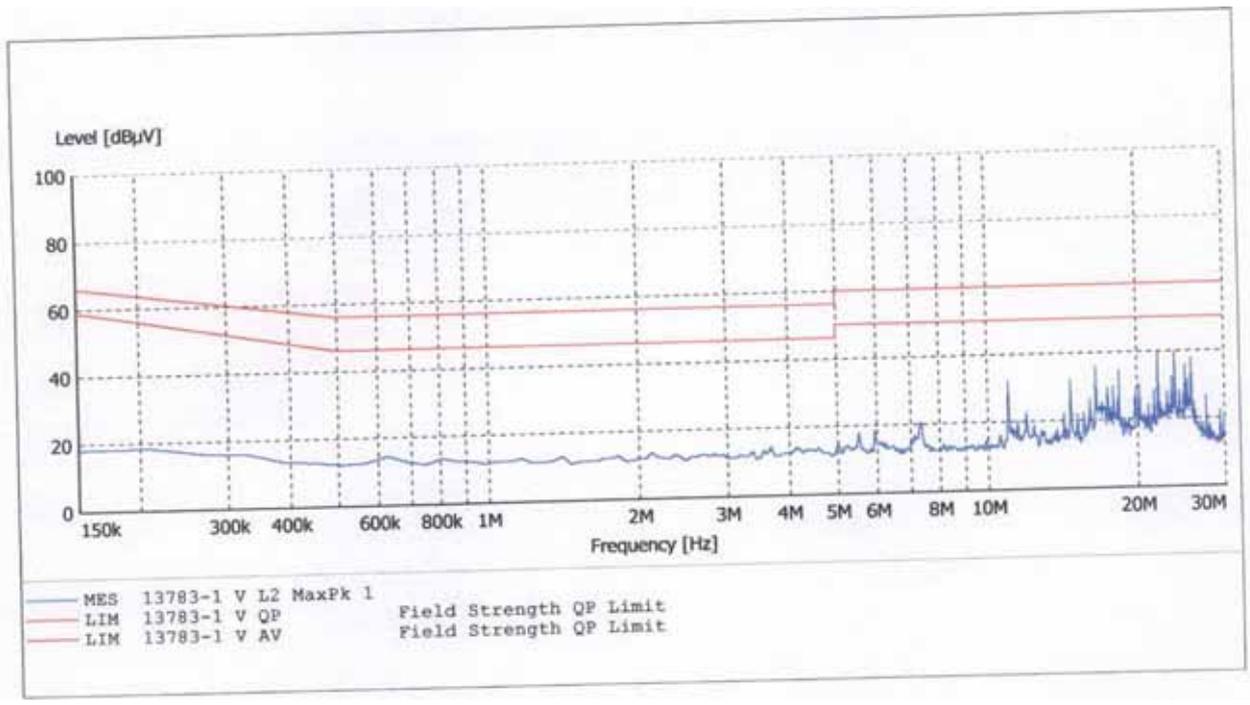


EF-1207MR 觸/搖控式(電子基板) 傳導干擾 L1 頻譜圖



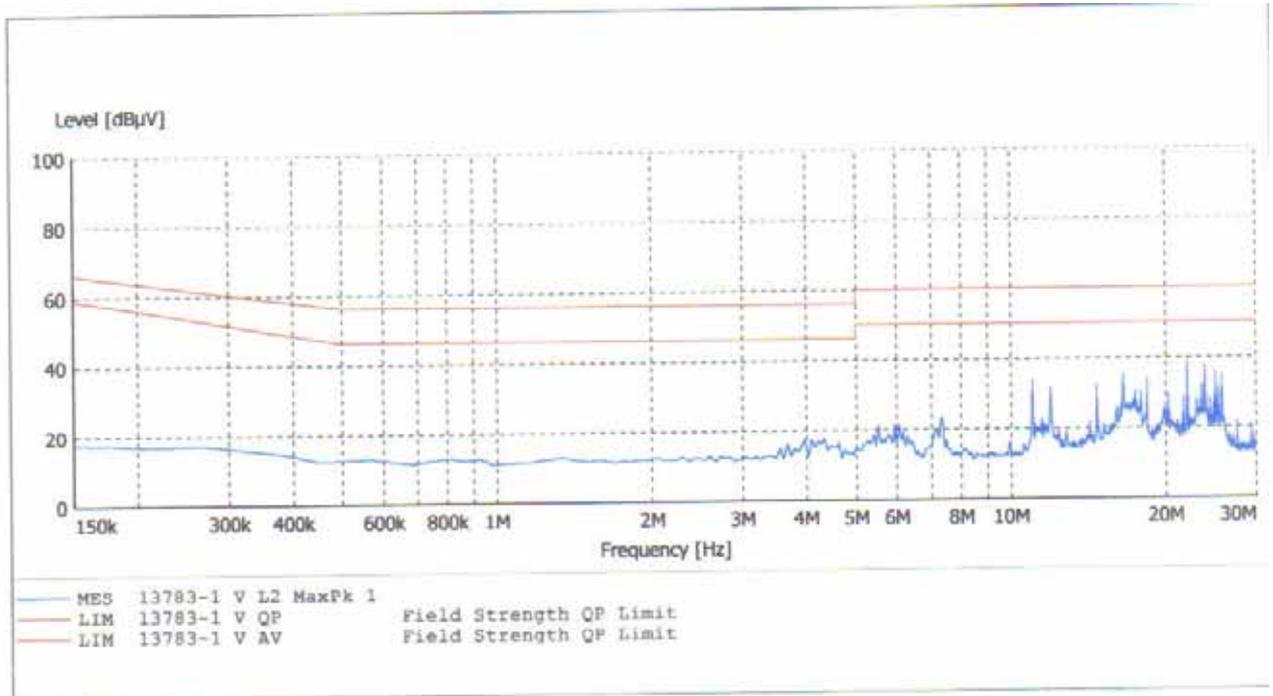
3.2.2 L2傳導干擾

L2傳導干擾背景雜訊(Ambient noise)

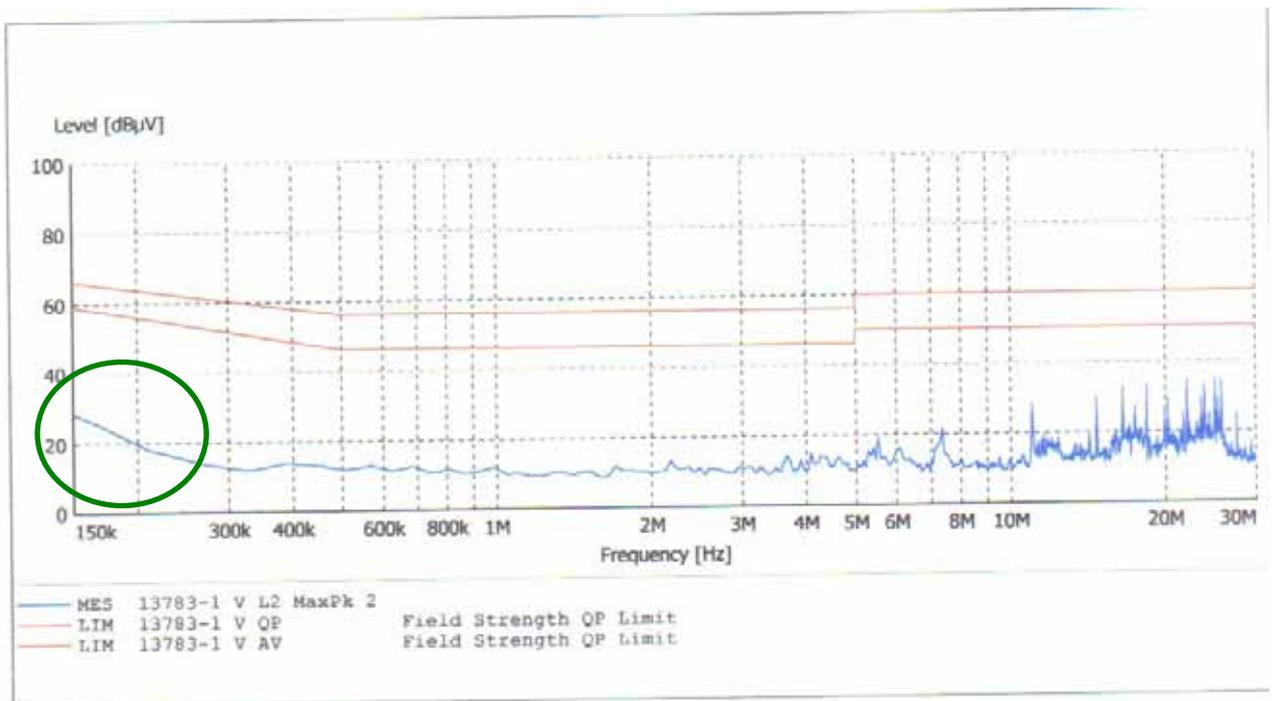


以 PRE-SCAN 各樣品最差模式

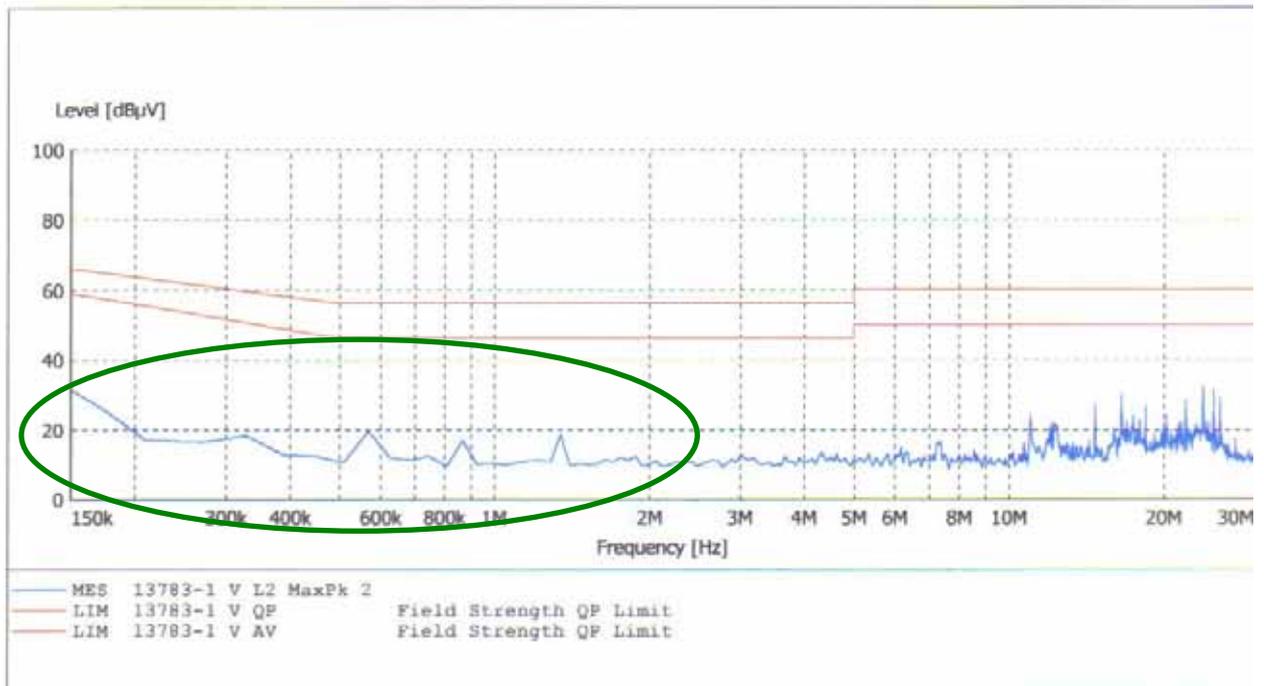
EF-1207T(機械式) 傳導干擾 L2 頻譜圖



F-1450 觸控式(電子基板) 傳導干擾 L2 頻譜圖



EF-1207MR 觸/搖控式(電子基板) 傳導干擾 L1 頻譜圖



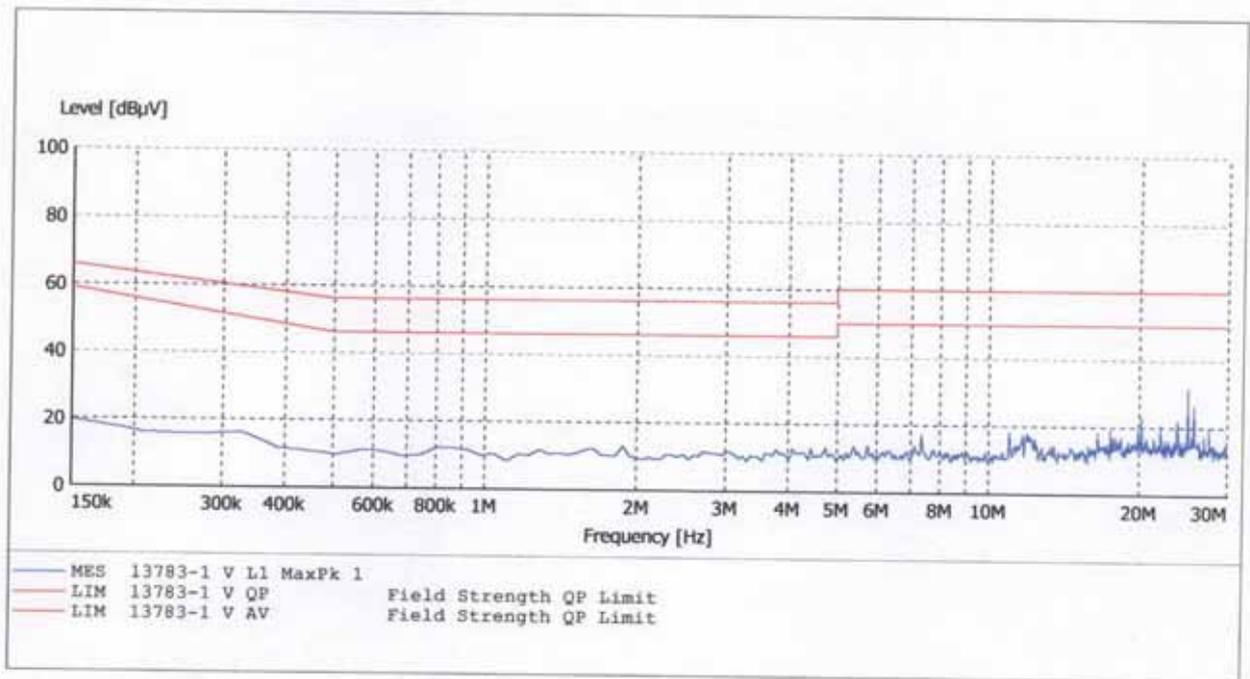
由上面的實測圖可知，機械式頻譜圖幾乎跟背景雜訊頻譜圖一樣，無 EMI 所管制的傳導干擾存在，而有電子機板的頻譜圖在 150kHz~2MHz 間存在由電子電路及其零組件所產生的傳導干擾存在，相對的若其消耗功率越大則其干擾值的振幅會越大。

3.3 蔽極式馬達傳導性 EMI

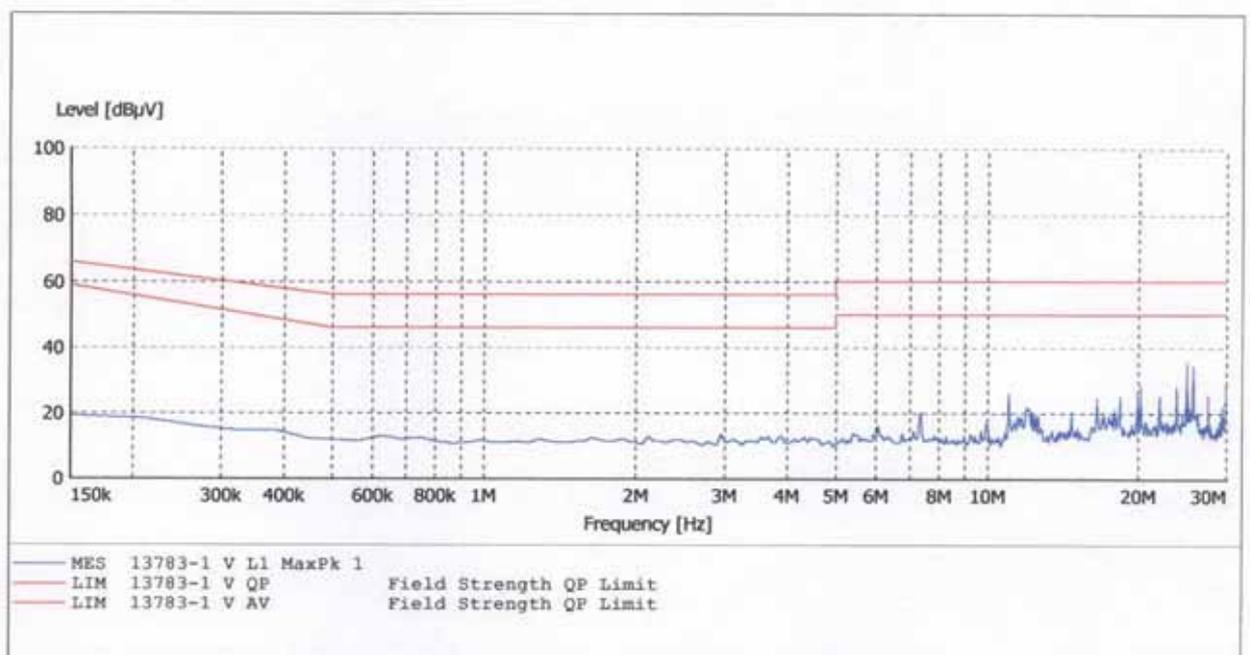
樣品資料：浴室通風扇(無電子基板) 型號 TH-1 消耗功率 28W

3.3.1 L1傳導干擾

L1傳導干擾背景雜訊(Ambient noise)

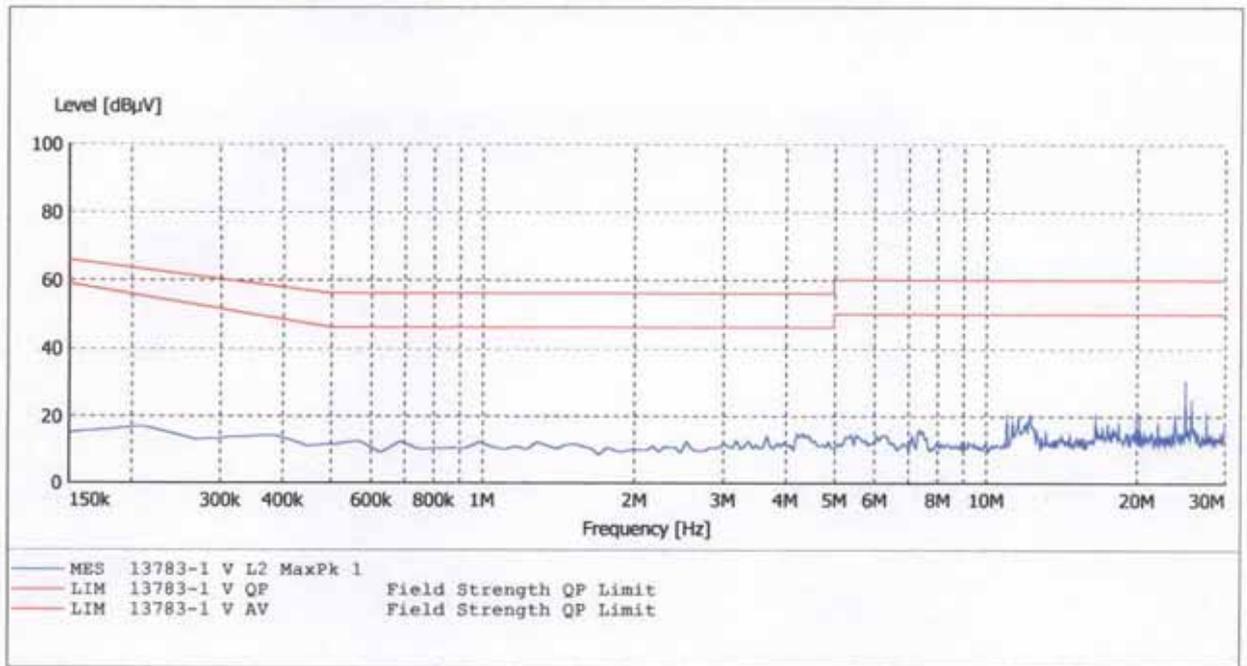


浴室通風扇 型號 TH-1 傳導干擾 L1 頻譜圖

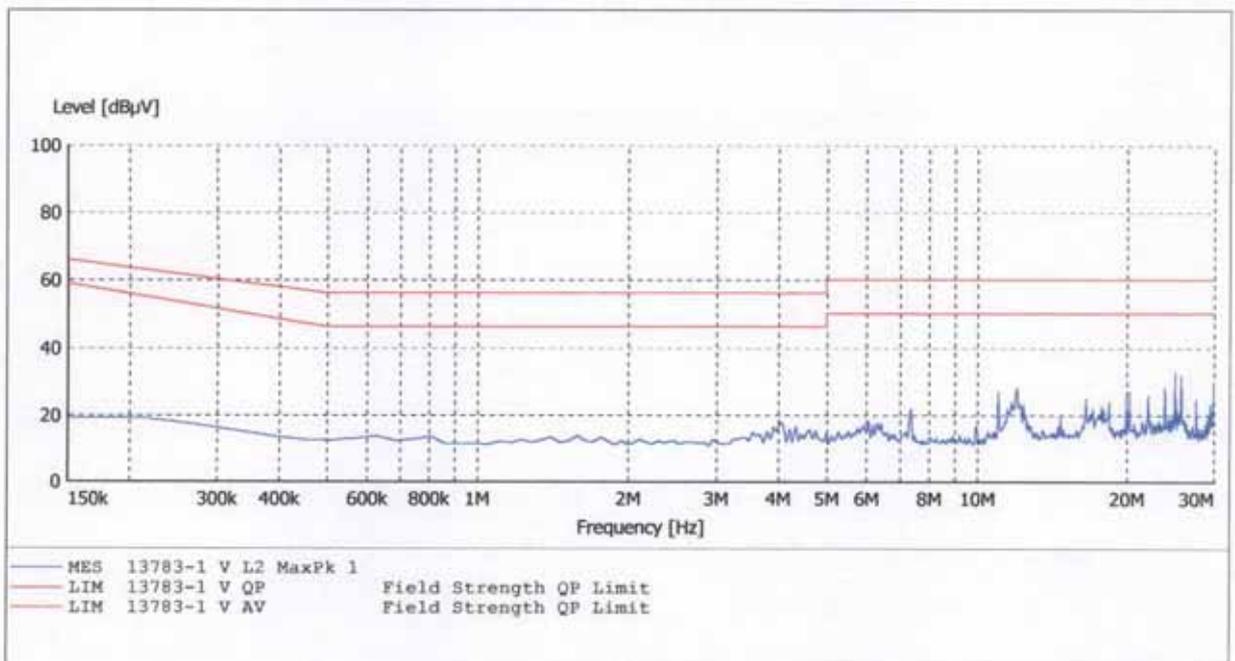


3.3.2 L2傳導干擾

L2傳導干擾背景雜訊(Ambient noise)



浴室通風扇 型號 TH-1 傳導干擾 L2 頻譜圖



由上面的實測圖可知，干擾頻譜圖幾乎跟背景雜訊頻譜圖一樣，無 EMI

所管制的傳導干擾存在。

第四章 電扇常用馬達輻射性(Radiated)電磁干擾

4.1 量測系統架構

如圖 4.1 將 EUT 待測物放在一非金屬桌面上且離其它金屬物體至少 0.4m，將引線拉直到足夠距離以適於吸收夾具的測量，且吸收夾具擺在每一測試頻率的最高干擾顯示位置，也就是吸收夾具在待測物及其測試頻率的半波長之距離間，沿線上移動直到發現最大值。引線在直線部份的測量，線長約 6m 長，相當於 $\lambda_{\max} / 2 + 0.6\text{m}$ 距離。

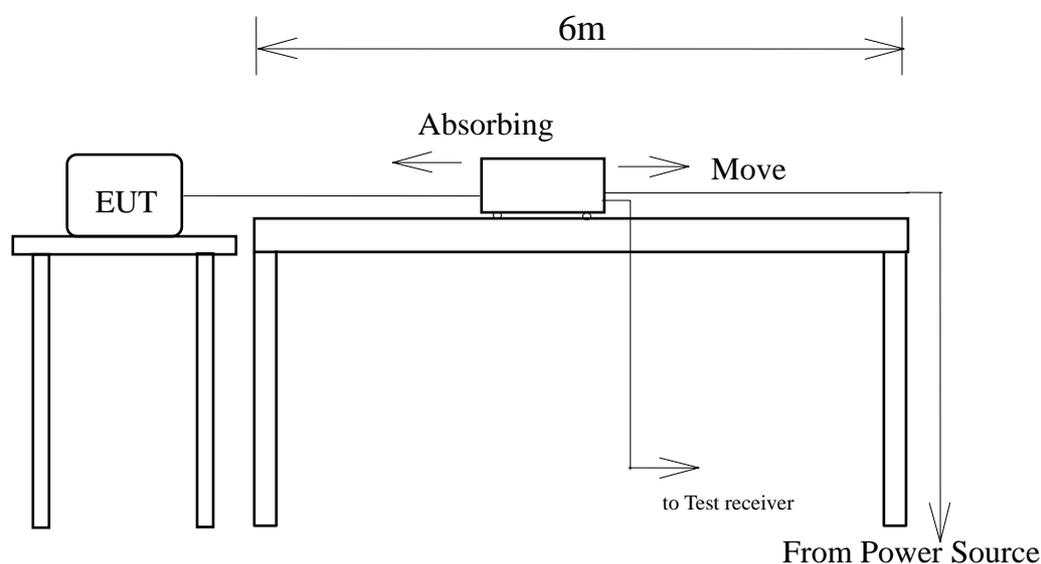
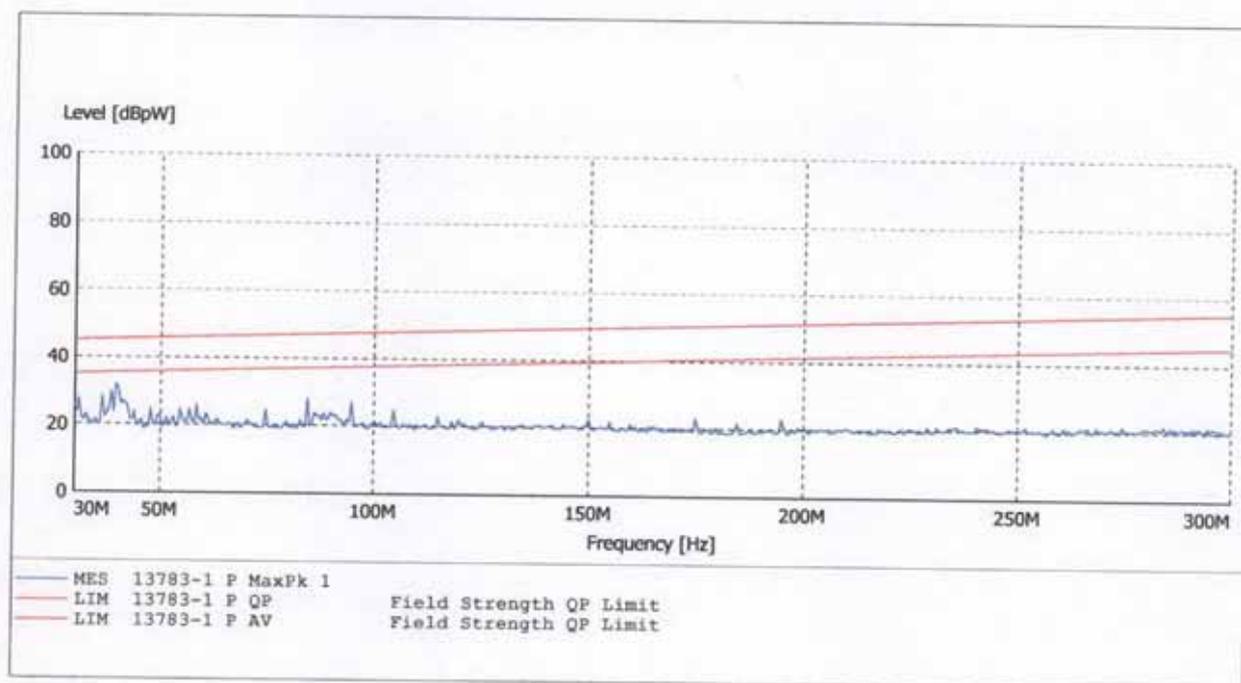


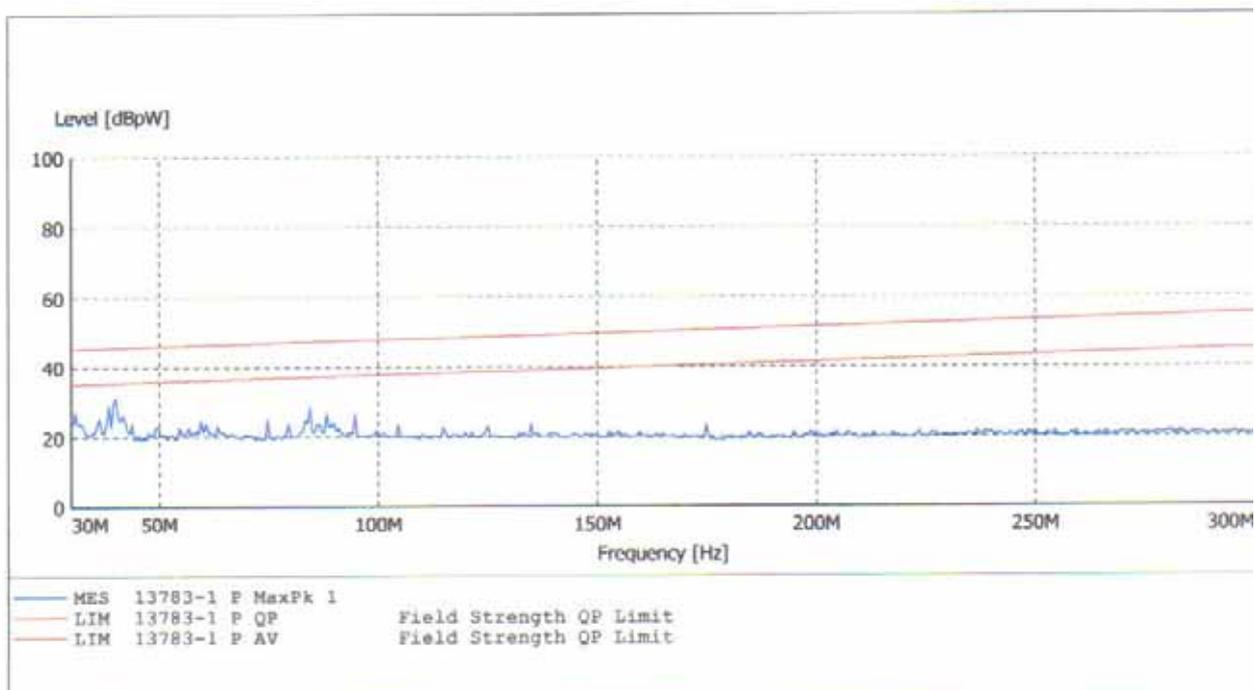
圖 4.1 輻射 EMI 量測系統架構

4.2 單相永久性電容分相式感應馬達輻射性 EMI

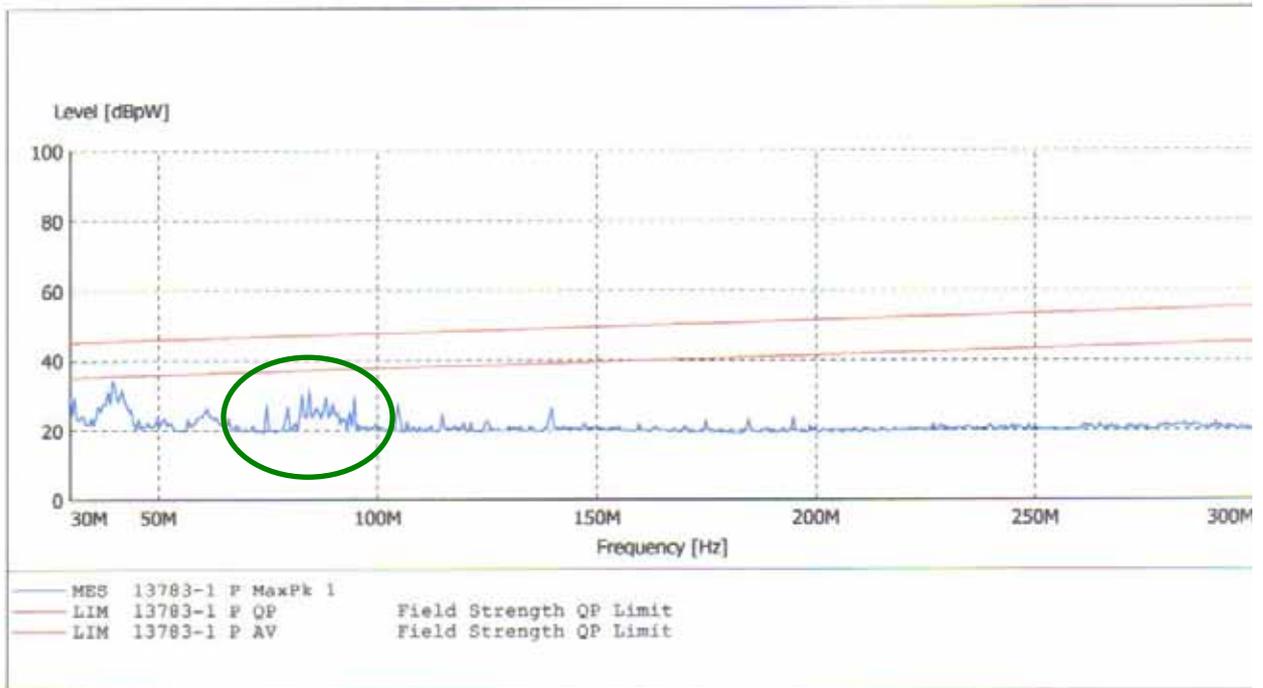
輻射干擾背景雜訊(Ambient noise)



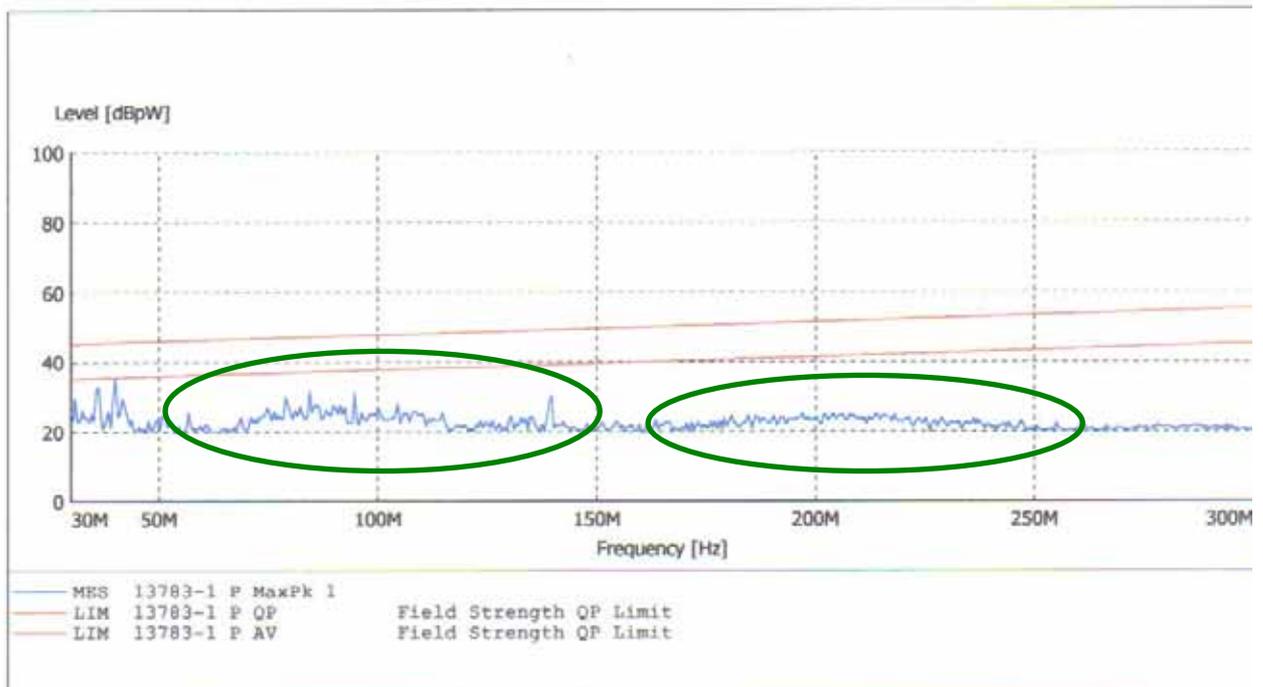
EF-1207T(機械式) 輻射干擾頻譜圖



F-1450 觸控式(電子基板) 輻射干擾頻譜圖



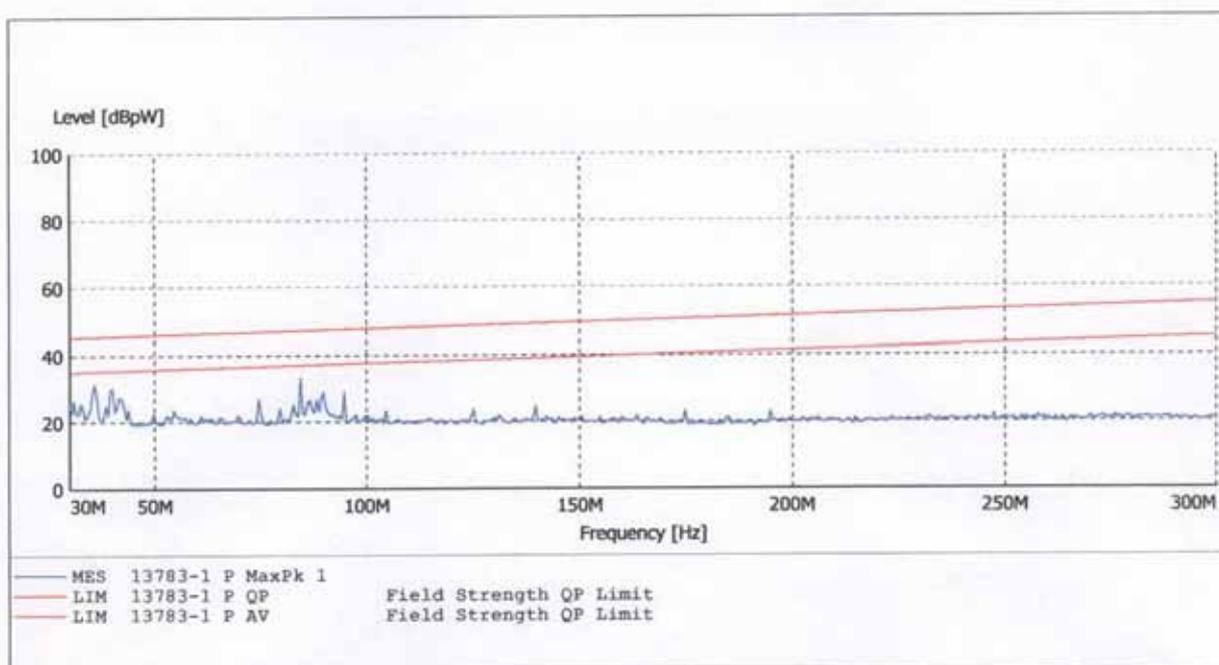
EF-1207MR 觸/搖控式(電子基板) 輻射干擾頻譜圖



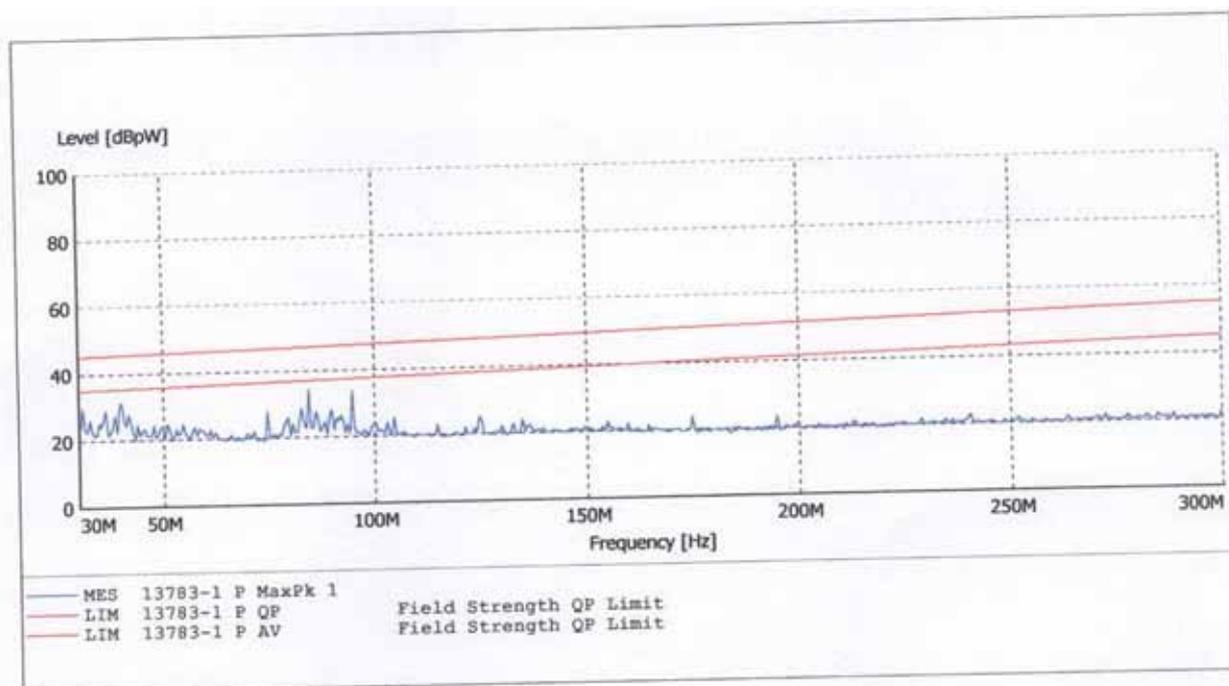
由上面的實測圖可知，機械式頻譜圖幾乎跟背景雜訊頻譜圖一樣，無 EMI 所管制的輻射干擾存在，而有電子機板的頻譜圖在 50MHz~150MHz 間存在由電子電路及其零組件所產生的輻射干擾存在，相對的若其消耗功率越大則其干擾值的振幅會越大。

4.3 蔽極式馬達輻射性 EMI

輻射干擾背景雜訊(Ambient noise)



浴室通風扇 型號 TH-1 輻射干擾頻譜圖



由上面的實測圖可知，干擾頻譜圖幾乎跟背景雜訊頻譜圖一樣，無 EMI 所管制的輻射干擾存在。

第五章 結論與未來展望

本局（BSMI）為了國內電子電機產品之電磁輻射干擾規定，於1995年5月公佈「商品電磁相容性管理辦法」，並於1996年7月正式公告自1997年1月1日起列管影印機等產品，之後陸續列管資訊周邊產品、家電與廣播音響產品。而本局也依據CISPR與IEC的EMC標準，逐步修訂我國國家標準CNS（Chinese National Standards），例如CNS13438是資訊類產品的標準，CNS13783是家電製品、電動工具和類似裝置

的標準。

一般國家的電氣器安規皆有制定防止電磁干擾之規範，例如歐洲 IEC (EN55015)、美國 FCC PART 18、日本 JIS 等等皆有規定商業用及住家用防止電磁干擾之標準，其中以歐洲在這方面的規定最為嚴峻，根據歐盟電磁相容性(EMC)指令的規定，所有電子及電氣產品都需要符合電磁相容的要求，才能在歐盟行銷。此項規定已於 1996 年 1 月 1 日正式開始強制實施。1996 年 1 月 1 日強制實施的 EMC 指令 89/336/EEC 為一般性指令(Generic Directive)，也稱為水平指令。涵蓋的產品相當廣泛，舉凡可能會導致電磁干擾或可能被電磁干擾的設備，包含具有電氣或電子零組件的電氣或電子裝置，都受該指令規範。產品需符合最基本的 EMC 要求，標示 CE Mark 之後才能將產品輸入歐洲。

一般機械式無電子電路機板的家用電扇依其結構分析會產生干擾源的只有其馬達部分，其馬達不外乎單相永久電容式感應馬達及蔽極式馬達，這兩種馬達產生的干擾頻率都在 kHz 等級或甚至更低，比對其 EMI 波形圖其干擾值低於限制值甚多，未來對該類產品有無管制需要是否加以考慮。

其他家電產品如電暖器(無定時裝置)，其控制面板只有 ON/OFF 及強、中、弱的開關，其內部電源線接進來之後只有蔽極馬達加上電熱裝置的簡單構造，上述類似等等相關的家電產品，其內部結構零組件根本無干擾源存在，是否需花費金錢及時間做 EMI 報告及檢測是可以思考的一個問題。

參考文獻

1. 林慶仁 宋自恆 著, ” 傳導性 EMI 量測系統的架構及原理”, 中央研究院.
2. 葉隆吉 審定 游振桁 譯, ” 圖解馬達入門”, 世茂書局.
3. 單相感應和小馬力電動機”, 高立圖書有限公司.