

小家電電磁干擾濾波器接地方式對國家標準 CNS3765 及 CNS13783-1 的影響

台南分局 技正 林昆平
課長 蕭水來

前言

相信大家常逛大賣場，買的當然是以家電產品為主，例如風扇、電暖器、洗衣機、冷氣機、洗碗機、烘碗機、捕蚊燈、咖啡機、泡茶機、吸塵器、烤箱、烤麵包機、開飲機、吹風機、電視機等。平常我們總是習慣用，也覺得好用，卻很少知道每道產品背後，都有經濟部標準檢驗局人員把關，這當中最重要，便是保障消費者使用安全的電器安規標準 CNS3765 及防治電器電磁干擾的 CNS13783-1 標準。家電中很多是無附接地線的或使用 2PIN 插頭電源線，這類產品如果電磁干擾很嚴重，依 CNS13783-1 規定，是需要加裝電磁干擾濾波器，但一個問題產生了：「電磁干擾濾波器不都是接至接地線，才能洩放高頻雜訊電流，若將無接地線家電產品之 EMI FILTER 接至本體金屬部位，算不算接地？對電器安全規範 CNS3765 有什影響？對 CNS 13783-1 電磁干擾濾波器抑制成效，有否阻礙？」，總總問題使筆者擬了幾個方案，對此類家電產品電磁干擾濾波器接地方式，進行安規及電磁干擾(EMI)影響評估，希望對長久以來，被忽視的小家電電磁干擾接地問題，引起討論。故本文首先介紹電磁干擾濾波器的結構與動作原理，其次以消費者常用的果汁機為例，進行方案測試，緊接著從 CNS13783-1 的觀點，比較各種接地方案對電磁干擾濾波器抑制成效的影響，最後從 CNS3765 觀點，探索其對家電產品絕緣耐電壓及絕緣距離的判定，相信能建立讀者對家中家電安全使用觀念及電磁干擾防治之道。

一、電磁干擾濾波器結構與動作原理

電磁干擾產生原因，源自產品內部電子零件衍生的『高頻雜訊電流』，藉由電源線向插座端傳導，其中 150KHz~30MHz 雜訊波長較長，空中不易輻射，可利用其通過電線阻抗產生雜訊電壓(CNS13783-1 稱電壓干擾)，進行量測；30MHz~300MHz 雜訊波長較短，在空中極易輻射，可藉由磁場量測來評估大小(CNS13783-1 稱功率干擾)。因此，只要想办法在電器電源線出口，將高頻雜訊電流抓下來，電壓干擾及磁場輻射自然無法向外傳導，電磁干擾濾波器因而應運而生。圖 1 顯示其基本架構，主要由一組差模濾波器(抑制 150KHz 以下雜訊)及一組共模濾波器(抑制 150KHz 以上雜訊)組合而成，目前 CNS13783-1 只管制 150KHz~300MHz 雜訊干擾，故應用於小家電之電磁干擾濾波器，通常只裝設共模濾波器，其動作原理主要利用電感遇高頻雜訊呈高阻抗斷路(2-1)式，電容則呈低阻抗短路(2-2)式，一方高山阻擋，一方低谷導流，配上電容與電感匹配形成共振頻率設計值，來吸收一些頻段特別嚴重干擾的雜訊電流，最後經由兩顆 Y 電容中間抽頭接地線，引至外面接地(如 3 PIN 插頭或直接鎖在牆上)，將高頻雜訊電流洩放至大地，圖 2 顯示電磁干擾共模濾波器實體。至於共模及差模濾波器的設計方法，包括雜訊分離器共差模訊號的偵測、雜訊頻譜分析、共差模電路分析、雜訊半對數圖製作、40db 線製作、共差模濾波器共振頻率計算，琳瑯滿目，相當艱深，不在本文敘述內。

$$X_L = 2\pi fL, \text{ if } f \rightarrow \infty, X_L \rightarrow \infty \quad (1-1)$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc}, \text{ if } f \rightarrow \infty, X_C \rightarrow 0 \quad (1-2)$$

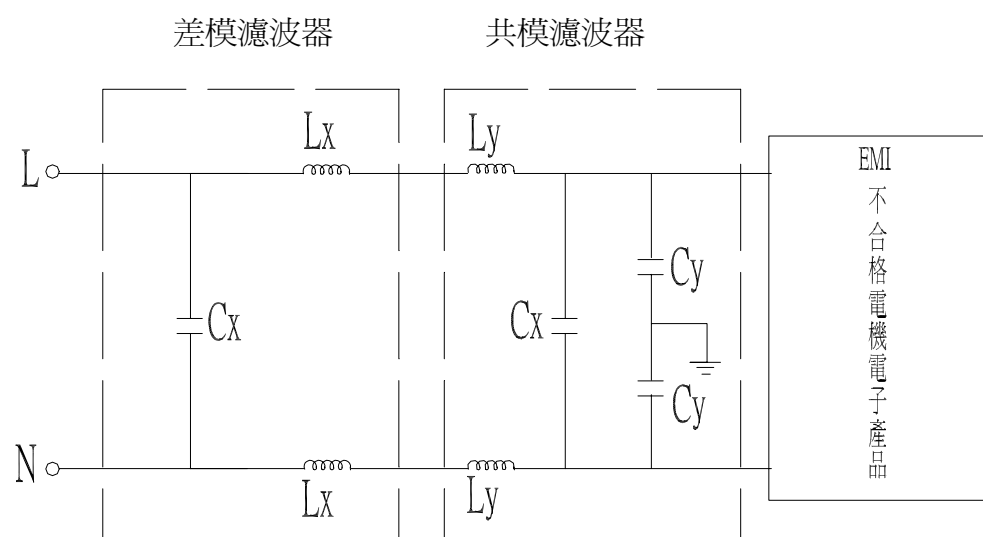


圖 1 高頻電磁干擾濾波器基本架構 (差模 + 共模)

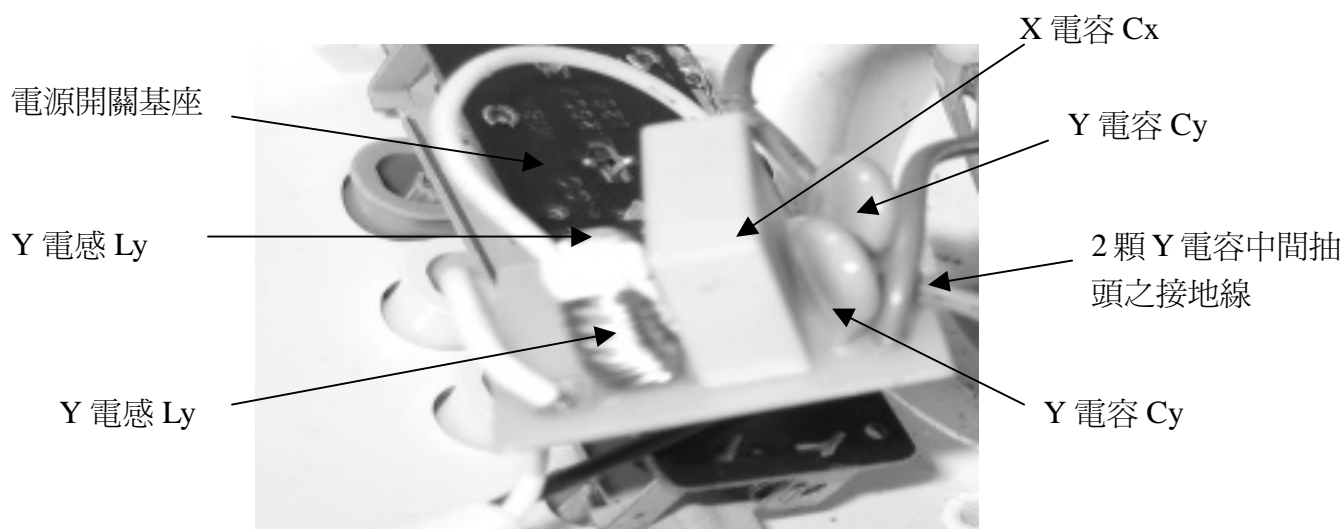


圖 2 安裝於果汁機內部的共模濾波器實體

二、電磁干擾濾波器接地方案測試

由於 II 類電器並無接地線，因此當產品不符 CNS13783-1 標準，其裝置電磁干擾濾波器的接地要如何處置？若無法接地，高頻雜訊電流如何導地？若無法導地，其抑制成效如何？本節以一 EMC 不合格果汁機為例，擬定七個方案進行實驗與探討，並分別依電磁干擾濾波器接

地線「脫離馬達殼」、「接在馬達殼」、「從馬達殼再引接地線至外牆接地」搭配「拔除濾波器 Y 電感」及「拔除整個濾波器基板」，形成七個方案，予以測試電壓及功率干擾，如表 1 所示。圖 3，4 顯示 II 類電器果汁機電路圖及其電磁干擾濾波器接地至馬達殼情形。圖 5 將接地線從馬達殼再引出至外界鋁牆接地並作輻射功率測試。圖 6 拔除電磁干擾濾波器元件 Ly 電感照片。圖 7 電磁干擾濾波器基板全部拔除情形，圖 8 電壓干擾實驗。電壓干擾量測結果如表 2A-1 ~ 2A-7 所示，功率干擾量測結果如表 2B-1 ~ 2B-7 所示，圖形曲線，近似直線部份為 CNS13783-1 抑制標準值，較高曲線記錄干擾過程最大值(Max Hold)，次高曲線為干擾過程變化值，Y 軸單位為干擾值 db，X 軸單位為頻段 MHz，若將表 2A-1~2A-7 及表 2B-1 ~ 2B-7 影印剪下來，兩兩重疊在光源照射下，透過紙張背面即可比較曲線的高低，分辨抑制成效。

(1)電壓干擾走勢圖

表 2A-2 < 表 2A-3 < 表 2A-5 < 表 2A-1 < 表 2A-4 < 表 2A-6 < 表 2A-7。

電磁干擾濾波器「接在馬達殼」

優於「接在馬達殼 + 引接地線至鋁牆接地」

優於「接在馬達殼 + 拔除濾波電路的電感 Ly」

優於「不接在馬達殼」

優於「不接在馬達殼 + 拔除濾波電路的電感 Ly」

優於「接在馬達殼 + 拔除濾波電路的電感 Ly + 引接地線至鋁牆接地」

優於「濾波電路基板全部拔除」

其含意總結四點：

- a. 電磁干擾濾波器接至馬達殼，抑制成效，較其它方案來得好。
- b. 電磁干擾濾波器接至馬達殼 + 引接地線至鋁牆接地，抑制成效反而降低。
- c. 電磁干擾濾波器不接至馬達殼比接至馬達殼，抑制成效會差一點，但也不至於沒效。
- d. 拔除電磁干擾濾波器電感元件或整個濾波電路基板，效果一定變差。

(2)功率干擾走勢圖

表 2B-2 < 表 2B-3 < 表 2B-1 ≤ 表 2B-5 < 表 2B-4 < 表 2B-6 < 表 2B-7。

基本上抑制成效，排行差不多，只有表 2B-1 及表 2B-5 狀況對調，但非常近似。

測試方案	內容	測試項目
1	Emi filter接地線 "脫離" 馬達殼	電壓干擾(表2A-1) 輻射干擾(表2B-1)
2	Emi filter接地線 "接在" 馬達殼	傳導干擾(表2A-2) 輻射干擾(表2B-2)
3	Emi filter接地線 "接在" 馬達殼 + 延長接地線至外部金屬鋁牆接地	電壓干擾(表2A-3) 輻射干擾(表2B-3)
4	Emi filter接地線 "脫離" 馬達殼 + 拔除濾波器Y電感	電壓干擾(表2A-4) 輻射干擾(表2B-4)
5	Emi filter接地線 "接在" 馬達殼 + 拔除濾波器Y電感	電壓干擾(表2A-5) 輻射干擾(表2B-5)

6	Emi filter接地線 "接在" 馬達殼 + 拔除濾波器Y電感 + 延長接地線至外部金屬鋁牆接地	電壓干擾(表2A-6) 輻射干擾(表2B-6)
7	Emi filter濾波電路全部拔除	電壓干擾(表2A-7) 輻射干擾(表2B-7)

表 1 電磁干擾濾波器接地的操作模式

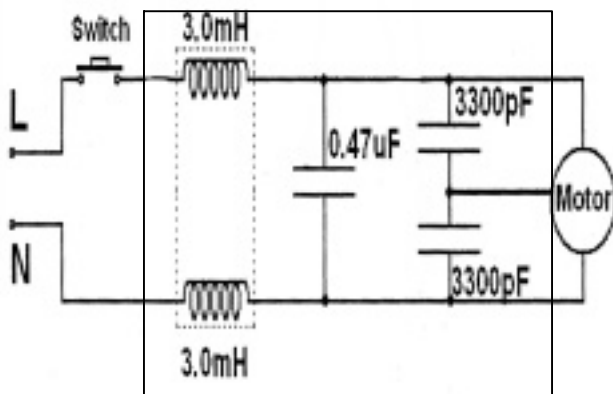


圖 3 II 類電器果汁機加裝共模電磁干擾濾波器之電路圖

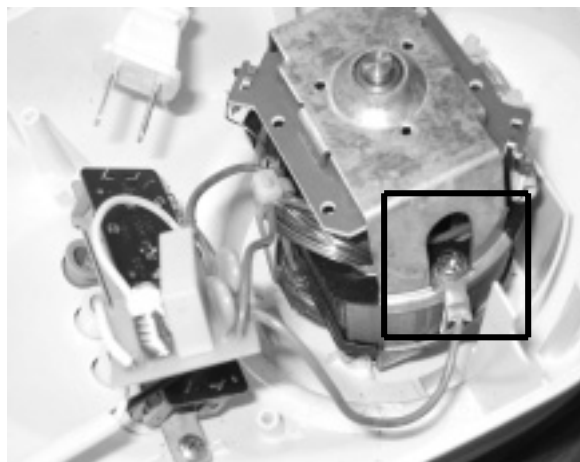


圖 4 共模電磁干擾濾波器接至定子上情形



圖 5 作輻射功率測試 (將接地線再從定子引至外界金屬鋁牆上接地)



圖 6 拔除共模電磁干擾濾波器電感 Ly 後濾波器基板情形

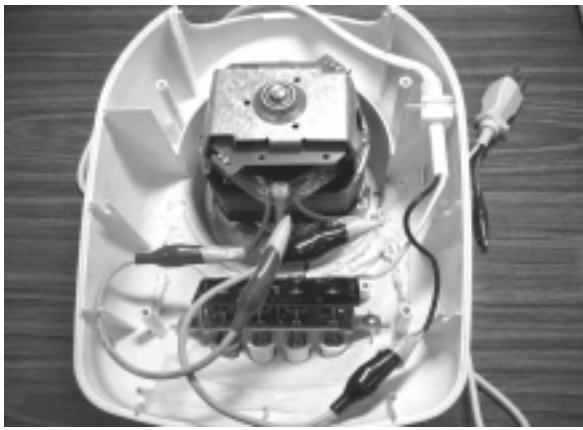


圖 7 共模電磁干擾濾波器基板全部拔除



圖 8 作電壓干擾測試情形

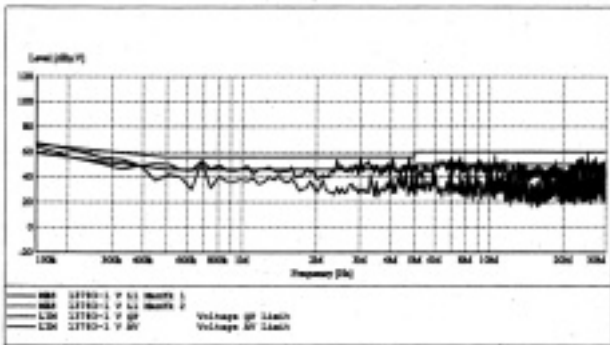


表 2A-1 測試方案 1 (電壓干擾 db μ V 值)
電磁干擾濾波器 脫離 馬達殼

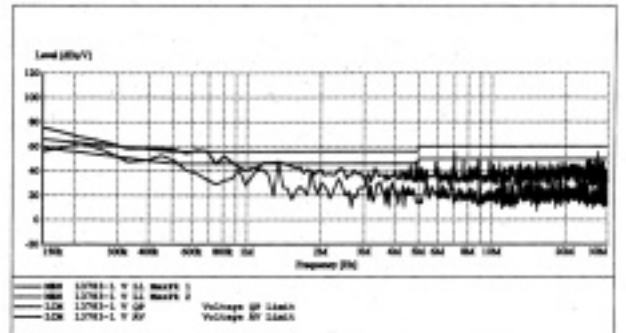


表 2A-2 測試方案 2 (電壓干擾 db μ V 值)
電磁干擾濾波器 接在 馬達殼

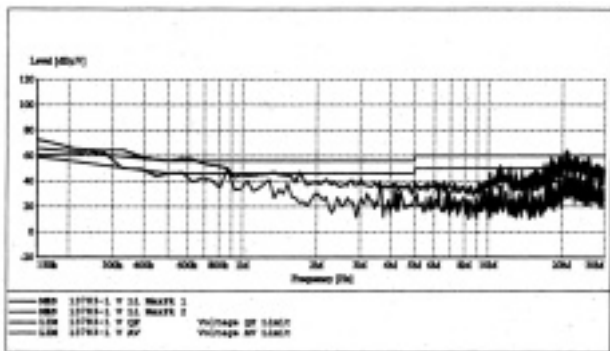


表 2A-3 測試方案 3 (電壓干擾 db μ V 值)
電磁干擾濾波器 接在 馬達殼 + 引接地線至鋁牆

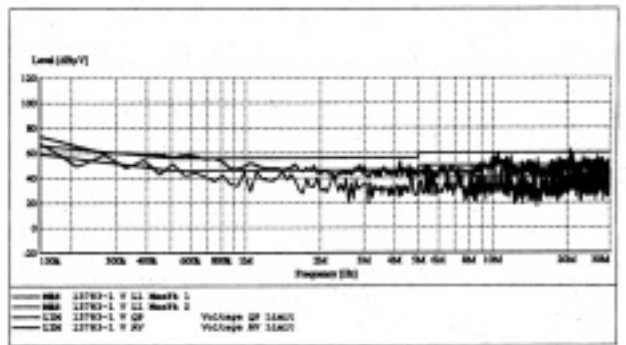


表 2A-4 測試方案 4 (電壓干擾 db μ V 值)
電磁干擾濾波器 脫離 馬達殼 + 拔除 Y 電感

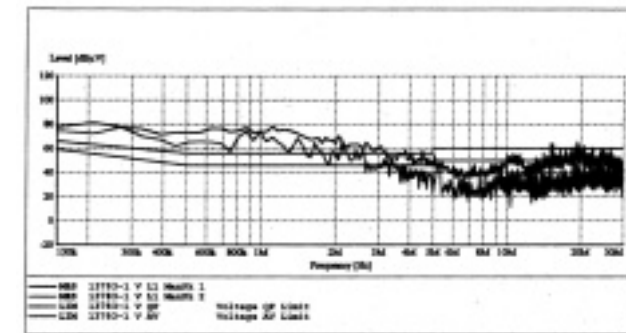
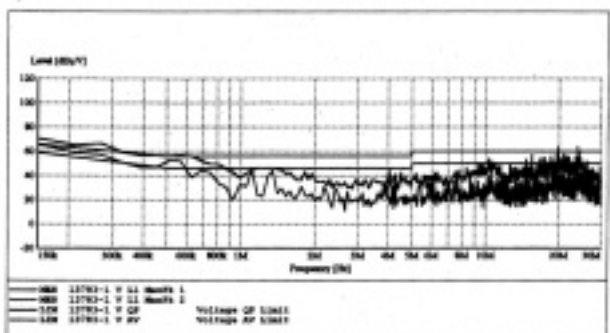


表 2A-5 測試方案 5 (電壓干擾 db μ V 值)
電磁干擾濾波器 接在 馬達殼 + 拔除 Y 電感

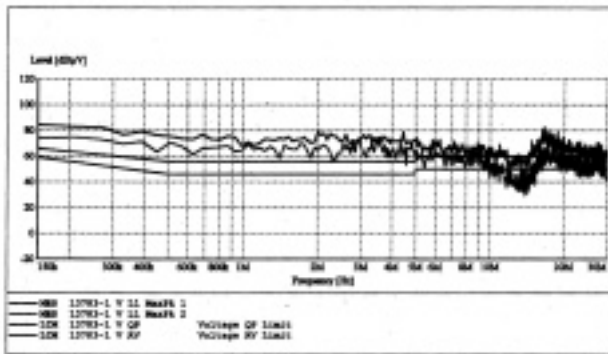


表 2A-6 測試方案 6 (電壓干擾 db μ V 值)
接在 馬達殼 + 拔除 Y 電感 + 引接地線至鋁牆

表 2A-7 測試方案 7 (電壓干擾 db μ V 值) 濾波器全部拔除

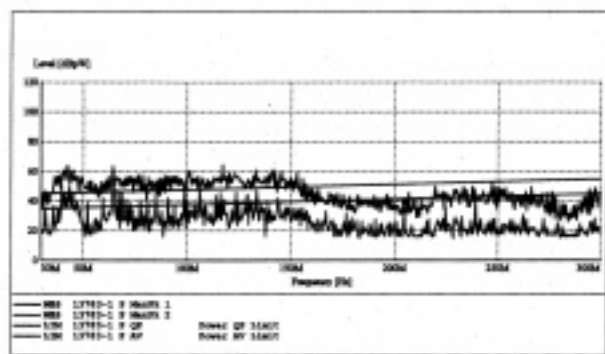
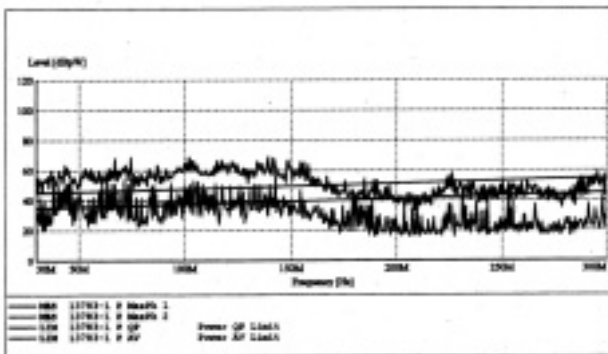


表 2B-1 測試方案 1 (功率干擾 db pW 值)
電磁干擾濾波器 脫離 馬達殼

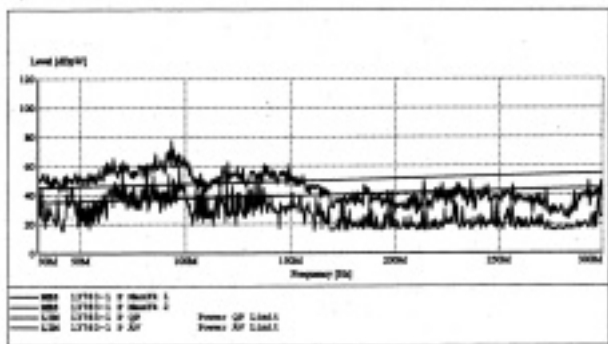


表 2B-2 測試方案 2 (功率干擾 db pW 值)
電磁干擾濾波器 接在 馬達殼

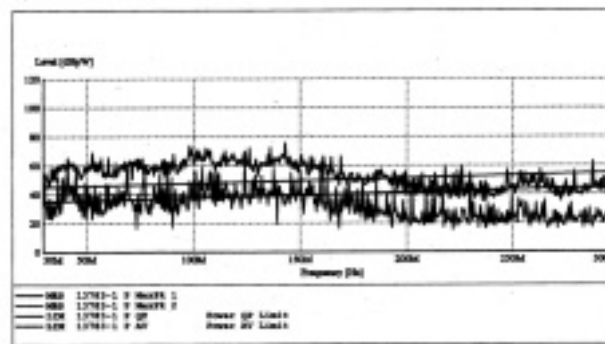


表 2B-3 測試方案 3 (功率干擾 db pW 值)
電磁干擾濾波器 接在 馬達殼 + 引接地線至鋁牆

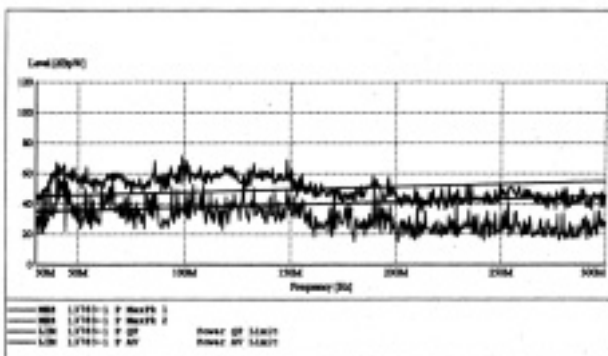


表 2B-4 測試方案 4 (功率干擾 db pW 值)
電磁干擾濾波器 脫離 馬達殼 + 拔除 Y 電感

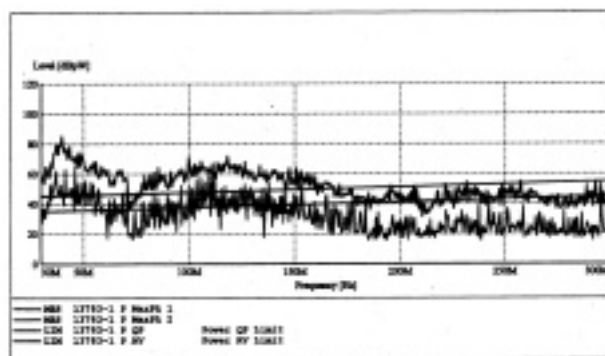


表 2B-5 測試方案 5 (功率干擾 db pW 值)
 電磁干擾濾波器 接在 馬達殼 + 拔除 Y 電感

表 2B-6 測試方案 6 (功率干擾 db pW 值)
 接在 馬達殼 + 拔除 Y 電感 + 引接地線至鋁牆

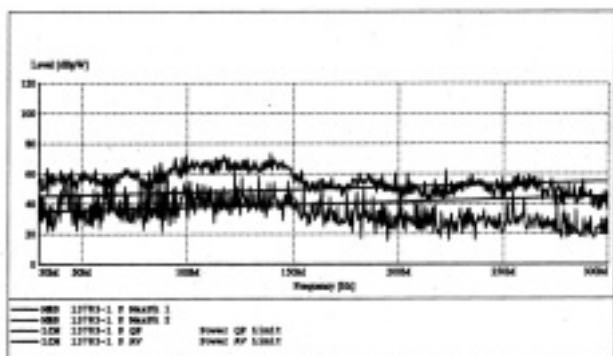


表 2B-7 測試方案 7 (功率干擾 db pW 值) 濾波器全部拔除

三、電磁干擾濾波器接地方式對 CNS13783-1 的影響

根據上述量測干擾曲線圖，電磁干擾抑制成效以「濾波器接至馬達殼」最好，「接在馬達殼 + 引接地線至鋁牆接地」次之，「拔除電磁干擾濾波器」最差。但曲線記錄為最大干擾值 (Max Hold)，CNS13783-1 抑制標準值為準峰值 QP 與平均值 AV，為了比較其有無超出標準，必需對曲線上頻率點進行干擾值的 QP 及 AV 掃描偵測，這裏我們選擇十一點頻率，進行電壓干擾覆測數據掃描，其結果如表 3 及表 3(續)所示，在低頻段似乎有點誤差，但不管如何，仍以將電磁干擾濾波器接至馬達殼，抑制成效最好。

其分析如下：

A. 就電磁干擾濾波器接不接至馬達殼方面

- 在低頻段 0.151MHz ~ 0.496MHz，接與不接，抑制成效沒什差別。
- 在頻段 1.019MHz ~ 29.453MHz，接比不接，抑制成效可再減少 10db 的干擾值。

B. 就不合乎抑制標準方面

- 方案「拔除電磁干擾濾波器」，不合標準頻段佔大部份，只在頻段 6.572MHz ~ 20.04MHz 勉強通過。
- 方案「接至馬達殼 + 拔除濾波器 Y 電感 + 引接至外部鋁牆接地」不符合標準頻段，主要集中於 0.151MHz ~ 1.318MHz。

表 覆測點	2A-1		2A-2		2A-3		2A-4		抑制標準	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
0.151MHZ	49.6	38.6	48.9	36.8	55.1	39.7	51.1	36.8	65.94	58.93
0.219MHZ	43.1	32.5	40.7	29.1	51.6	36.3	43.9	28.7	62.86	54.91
0.496MHZ	39.2	26.1	31.5	17.7	37.2	21.1	37.6	21.8	56.07	46.09

1.019MHZ	36.4	23.4	25.6	10.9	29.1	14.3	35.7	19.1	56	46
1.318MHZ	37.4	22.8	23	8.5	28.7	12.8	35.2	19.4	56	46
1.939MHZ	34.2	20.3	23.3	7.1	26.1	9.8	34.3	18.9	56	46
3.773MHZ	36.2	18.8	22.2	4.4	23.4	6.3	33.5	16.5	56	46
6.572MHZ	35.1	17.8	20.8	3.1	22.8	4.7	32.9	16.1	60	50
9.849MHZ	35.7	15.5	21.8	2.3	25.1	4.7	37.2	16.6	60	50
20.04MHZ	33.4	12.5	22.4	2.5	36.8	16.3	38.1	17	60	50
29.453MHZ	33.6	14.2	20.3	2.5	30.5	12.3	33.3	18.9	60	50

表 3 各方案之電壓干擾準峰值 QP 及 平均值 AV 掃瞄數據 (單位 db μ V)

表 覆測點	2A-5		2A-6		2A-7		抑制標準	
	QP	AV	QP	AV	QP	AV	QP	AV
0.151MHZ	50.6	37	66.4	50.4	78.9	66	65.94	58.93
0.219MHZ	43.3	28.9	70.9	54.6	77.1	63.1	62.86	54.91
0.496MHZ	29.6	13.7	64.9	49.1	70.9	56.1	56.07	46.09
1.019MHZ	26	10.9	66.4	50.5	66.3	50.7	56	46
1.318MHZ	25.2	10.7	64.4	47.1	66.6	50.4	56	46
1.939MHZ	23.9	9.2	55.6	39.1	68.4	51	56	46
3.773MHZ	22.8	6	41.3	25.1	65.4	54.6	56	46
6.572MHZ	25.7	9.2	25.6	9.7	57.4	44.2	60	50
9.849MHZ	33.6	12.5	34.9	14.3	55.4	36.1	60	50
20.04MHZ	38.3	16.4	42.4	19.6	63.5	42.2	60	50
29.453MHZ	25.5	7.5	33.7	14.8	53.2	34.5	60	50

表 3(續) 各方案之電壓干擾準峰值 QP 及平均值 AV 掃瞄數據 (單位 db μ V)

四. 電磁干擾濾波器接至馬達殼對 CNS3765 的影響

由電路分析，圖 3 馬達殼與 Y 電容(3300pF)間，應該帶有一半電源電壓，例如電源輸入 110V，則帶 55V，電源輸入 220V，則帶 110V，將電壓錶量測線夾，一線夾在馬達殼(圖 9A 下框)，一線夾在電源開關基座(圖 9A 上框)，可測得馬達殼帶有 48.9V 的電壓；若改變電源開關基座的線夾至外界 3 PIN 插座的接地極(圖 9B 右框)，量測顯示馬達殼對地 48.4V 的電壓，因此馬達殼帶電是不爭的事實，也不再是基本絕緣，有關 CNS 3765 規定的第 29 節沿面及空間絕緣距離、第 19 節異常絕緣耐電壓測試、第 16 節不插電下絕緣耐電壓測試、第 15 節液體溢出後絕緣耐電壓測試、第 13 節插電下的絕緣耐電壓測試，均需重新加以判定，而且可能不合格。例如該果汁機的塑膠外殼對馬達殼間，已由原先認定的強化絕緣變成基本絕緣關係，但馬達殼又鎖在塑膠殼上(厚約 1.2mm)，明顯沿面及空間絕緣距離不足，怎麼會合格呢？其它項目，更不用講，也是不合格，因此將電磁

干擾濾波器接至馬達殼，對 CNS3765 顯然有很大的衝擊。

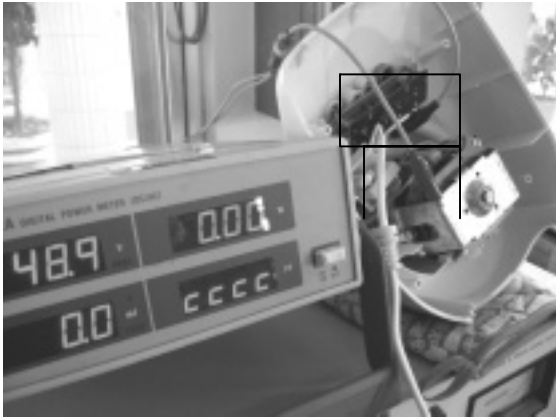


圖 9A 馬達殼帶電 48.9V(馬達殼對火線)

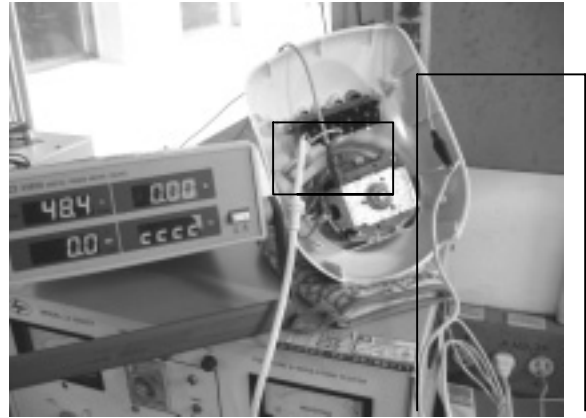


圖 9B 馬達殼帶電 48.4V(馬達殼對地)

五. 結論

由本文探討可發現，就電磁干擾觀點，電磁干擾濾波器接至馬達殼，最能符合 CNS13783-1 電壓及功率干擾抑制標準，但就安規論點，卻使馬達殼基本絕緣帶電，影響電器產品絕緣距離及絕緣耐電壓的判定，因此對於裝置有電磁干擾濾波器的 II 類電器而言，到底要不要將濾波器接至電器本身金屬殼上，筆者認為還是不要，因為對 CNS3765 的衝擊太大，反正不接，EMC 也不會不過，只是效果差個 10db 罷了！另一個大家可能產生的疑惑是，在認知上，電磁干擾濾波器引接地線至外接地(例如 I 類或 01 類電器)，可洩放濾波器吸收的大量雜訊電流至地面，抑制成效理應較佳，但實驗結果，卻顯示「"引接地線至外接地" 比 "不引接地線至外接地" 來得差」，筆者推測是作電壓及功率干擾測試時，接地線與電源線並排，導至接地線內的大量雜訊電流，耦合至電源線上，影響量測的準確度，不知讀者認為如何？