

Y 電容的電磁干擾抑制特性及安規限制探討

標準檢驗局台南分局 許經杭、洪飛良、林昆平

前言

許多由串激式馬達或直流馬達驅動之家電產品內部，常可看到由陶瓷材質製成的 Y 電容，一端跨於火線 L 相或中性線 N 相，一端以焊錫焊在馬達金屬殼上並成雙出現，例如果菜汁機、吹風機、刨冰機、按摩棒、電動手工具類等，相信安規及電磁干擾工程師們一定不陌生，因為不管是串激式馬達或具整流電路之直流馬達，其換向片所引發的火花雜訊電磁干擾問題，就是以這組 Y 電容來洩放。不過由於安規對電器產品洩漏電流的限制，Y 電容值不可無限加大，理由鮮為人知；另一方面，Y 電容是對傳導性雜訊有效？還是輻射性雜訊有效？抑制雜訊頻帶又坐落何處？也是一個值得探討研究的重點。是故本文由雜訊頻帶定義談起，接著製作一具全波整流電路之直流馬達模擬基板作為雜訊產生源，再施予市售各種 Y 電容規格，以觀測其雜訊洩放情形，最後考慮安規對家電產品洩漏電流限制，提出合理的 Y 電容設計值，希望對國內安規及電磁干擾從業人員，有所助益。

一、 雜訊頻寬定義

傳導性雜訊因雜訊源產生成份及位置不同，在經由電源線向外傳送時，可被分成差模雜訊及共模雜訊兩種，其行走途徑有很大的區別，定義差模雜訊為『行走於火線與中性線 LN 間，且方向互為不同的雜訊』，頻寬主要分佈於 10MHz 以下，屬中低頻；共模雜訊則定義為『行走於導線對地 LG 或 NG 間，且方向互為相同之雜訊』，頻寬主要分佈於 150KHz 以上，屬中高頻，尤其 30MHz 過後，更轉換為空間輻射電磁場，並以電源線作為天線進行放射，其頻率極高，波幅卻近幾為零。圖 1 顯示雜訊頻寬定義，每一頻帶有各自的雜訊成份，由於特性不同，抑制雜訊濾波器的設計方法也不同，例如介於 120Hz ~ 3000Hz 的極低頻雜訊，必需採用被動型或主動式 LC 串聯諧振濾波器來抑制，歐盟從 2001 年起，對輸入的電機電子產品，在此頻帶是有列管的；其它各國跟我國一樣，目前均只管制 150KHz~300MHz 雜訊，詳述於 CNS13783-1 國家標準內。

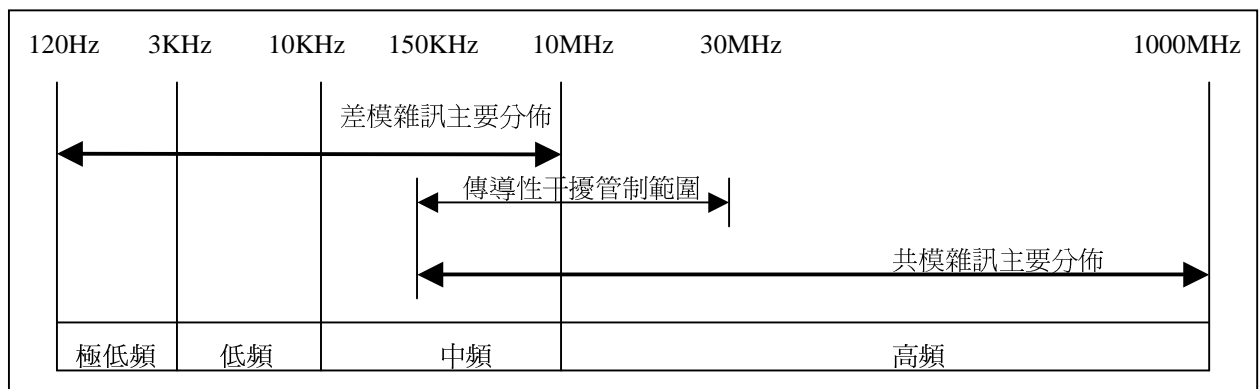


圖 1 雜訊分佈頻寬定義

二、 干擾源的製作與量測

比起串激式馬達驅動的家電產品，具全波整流電路之直流馬達算是所有馬達類中最嚴重的干擾源，其原因有兩個：一是組成全波整流電路的四顆二極體，因屬非線性元件，會產生傳導性中低頻雜訊；二是直流馬達換向片火花衍生的傳導及輻射性中高頻雜訊。因此選擇此種干擾源類型來測試 Y 電容排放雜訊情形，是最好不過的。圖 2 顯示未加裝任何電磁干擾濾波器的該類型基板製作及傳導性電壓干擾測試，圖 3 則進行功率輻射測試情形，圖 4 及圖 5 是量測掃圖結果，顯示不管是傳導或輻射雜訊干擾都非常嚴重，量測曲線均漂在標準值上方，且超出很多。



圖 2 干擾源作傳導測試

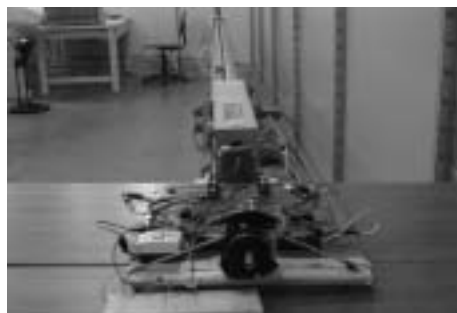


圖 3 干擾源作功率測試

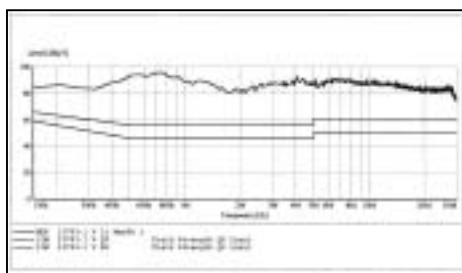


圖 4 傳導電壓測試掃圖

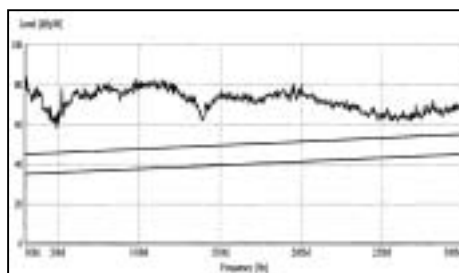


圖 5 功率輻射測試掃圖

三、 Y 電容在電磁干擾抑制上的特性解析

Y 電容因採用接至馬達金屬殼洩放雜訊電流的接地方式，因此洩放的雜訊電流大部份屬共模雜訊。現在採用一麵包板進行市售各 Y 電容規格的投入測試，包括 33PF、47PF、100PF、150PF、220PF、330PF、470PF、680PF、1000PF、1500PF、2000PF、2200PF、3300PF、4700PF、10000PF 等電容值，實驗時，將兩顆 Y 電容插在麵包板上，再將其一端連至 L 相及 N 相，另一端共同接地至馬達金屬殼，電路圖及模擬基板如圖 6~圖 7，限於篇幅並能明顯比較其吸收雜訊情形，筆者只秀出(47PF、470PF、4700PF)及(100PF、1000PF、10000PF)兩組系列的傳導及輻射量測結果如圖 8~圖 9，並分別與圖 4~圖 5 比較，結果顯示幾項特點：

1. 就傳導性電磁干擾而言(150KHz~30MHz)：

- Y 電容值介於 100PF 以下者，幾乎對傳導性雜訊抑制沒什壓制效果。
- Y 電容值介於 100PF~1000PF 者，凹陷點介於 10MHz~30MHz 頻帶移動，其有效降低雜訊

頻寬大約只有 15MHz，並以凹陷點向左右延升，越靠近凹陷點的雜訊，抑制效果越好。

- Y 電容值介於 1000F~10000PF 者，凹陷點介於 3MHz~10MHz 頻帶移動，其有效降低雜訊頻寬大約有 20MHz，並以凹陷點向左右延升，越靠近凹陷點的雜訊，抑制效果越好。
- 以常見安裝於小家電內部 3300PF 及 4700PF 兩種規格，其凹陷點約在 5MHz 附近，向左有效至 1MHz，向右有效至 20MHz，單憑 Y 電容要抑制此類干擾源的傳導性電磁干擾至標準值，幾乎不可能。

2. 就輻射性電磁干擾而言(30MHz~300MHz)：

- Y 電容對此頻帶雜訊，幾乎沒有抑制效果。

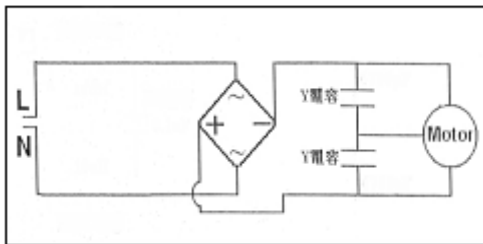
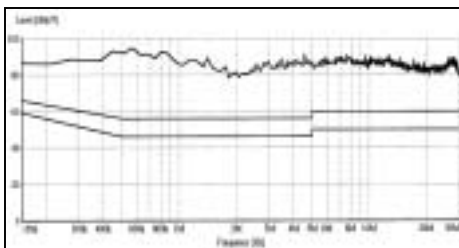


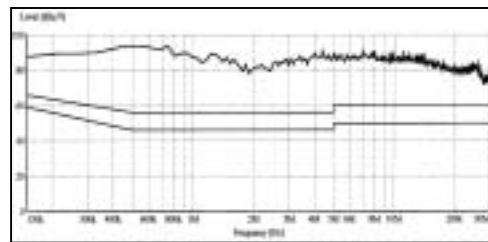
圖 6 具全波整流電路電路圖



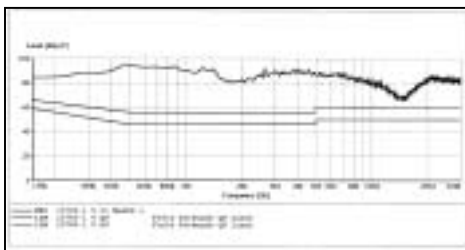
圖 7 置於直流側的 Y 電容測試



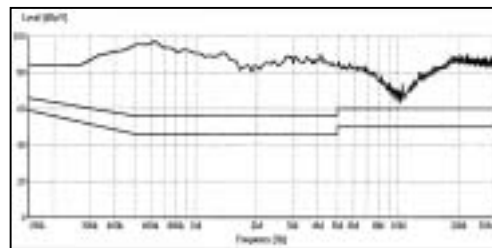
Y=47PF



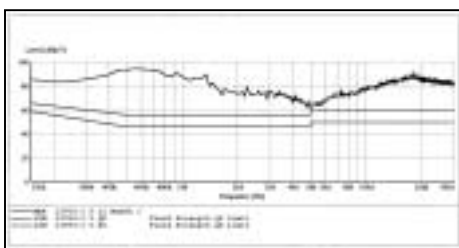
Y=100PF



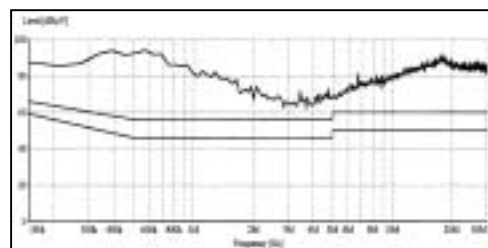
Y=470PF



Y=1000PF

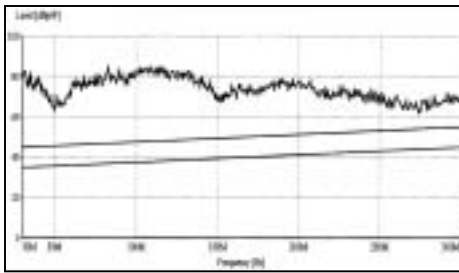


Y=4700PF

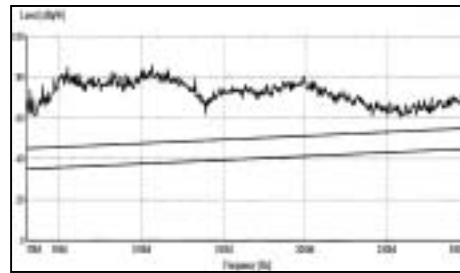


Y=10000PF

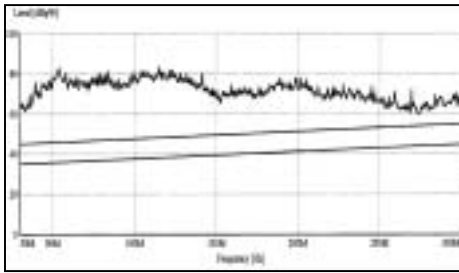
圖 8 (47PF、470PF、4700PF)及(100PF、1000PF、10000PF)傳導性抑制比較



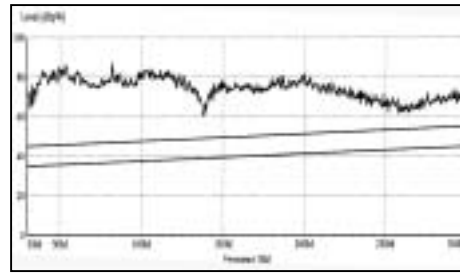
Y=47PF



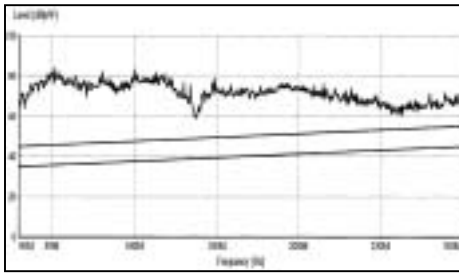
Y=100PF



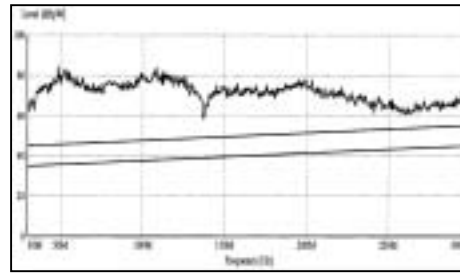
Y=470PF



Y=1000PF



Y=4700PF



Y=10000PF

圖 9 (47PF、470PF、4700PF)及(100PF、1000PF、10000PF)輻射性抑制比較

四、Y 電容的安規限制

由於共模雜訊頻率高，適合採用體積小且耐高頻的 Y 電容，以接地方式加以洩放。但 Y 電容因本身接地，一旦毀損，容易引起電器短路事故發生，危及電器使用安全，因此對其洩漏電流的限制，非常嚴格。家電洩漏電流安全規範被明訂於 CNS3765 第 16 節(表 1)，對於提供接地線的家電產品，歸屬 0I 類電器，其洩漏電流不可超過 0.5mA；對於提供 3PIN 插頭的家電產品，歸屬於 I 類電器，其洩漏電流不可超過 0.75mA；至於大部份家電是屬於 2PIN 插頭的 II 類電器，其洩漏電流不可超過 0.25mA，因此 Y 電容值被限制住了，考慮 II 類家電產品的洩漏電流走向(圖 10)，式 1 及式 2 推導，明顯看出 Y 電容值不可超過 6000PF，同理，對於 0I 類產品是 12000PF，I 類攜帶型電器產品是 18000PF，安規人員應特別注意。

施加試驗電壓 5 秒內測量，洩漏電流不得超過下列數值：	
- 0 類、0 I 類及 III 類電器	0.5mA
- 攜帶型 I 類電器	0.75mA
- 放置型 I 類電動電器	3.5mA
- 放置型 I 類電熱電器	0.75mA 或依其額定消耗功率每 0.75mA/kW 擇其較大者，最大值不得超過 5mA。
- II 類電器	0.25mA

表 1 CNS3765 電器安規對洩漏電流限制

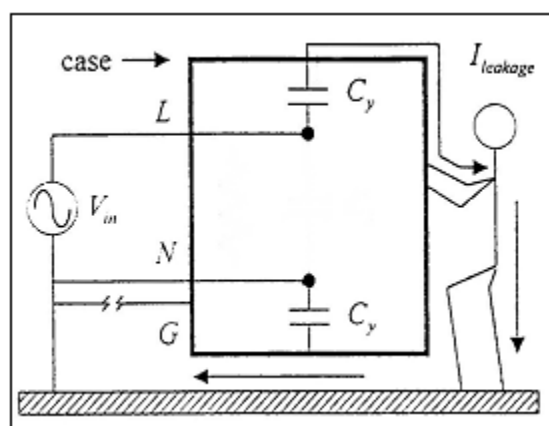


圖 10 Y 電容造成洩漏電流途徑

$$I_{leakage} = |j\omega C_y V_{in}| = 2\pi f C_y V_{in} \quad (1)$$

$$C_y \leq \frac{I_{leakage}}{2\pi f V_{in}} = \frac{0.25 \text{ mA}}{2\pi (60)(110 \text{ V})} = 6028 \text{ pF} \quad (2)$$

五、結論

安裝於小家電內部的陶瓷材 Y 電容有兩項主要功能：其一保護二極體免受中高頻雜訊衝擊而損壞，其二藉由接地來洩放雜訊電流。不管如何，單憑 Y 電容是不可能將傳導性及輻射性電磁干擾雜訊抑制下來的，其主要目的都還是在防止過多雜訊電流通過電器內部控制基板上的精密電子元件，如二極體、電晶體、閘流體、MOSFET 等，因為這類電子零件大部份無法承受過多的高頻雜訊電流通過，而 Y 電容遇高頻呈低阻抗特性，正好提供此類雜訊導地的途

徑，只是安規對電器產品洩漏電流的限制，也同時限制 Y 電容排放雜訊電流頻帶的範圍，以業界常安裝於家電內部的 3300PF 及 4700PF 兩種電容規格而言，其陷波範圍主要集中在 1MHz ~20MHz，最佳抑制點則落在 5MHz。同時此種情形也適用於辦公室資訊設備產品，如印表機、滑鼠、鍵盤、掃描器、視訊設備內部的 Y 電容元件，其規定於 CNS13436 第 5.1 節(表 2)，資訊設備安規人員也應留意。

分類 \ 條件	設備之型類	容許洩漏電流
等級 II	所有等級	0.25 mA
運搬型 (不含手提型)	等級 I	0.75 mA
	手提型	3.50 mA
	裝設型及用插塞連接(A 型)	
	連接在裝設型電源上利用裝設之設備及插塞連接(B 型)	3.50 mA 輸入電流之 5%

表 2 CNS13436 辦公室資訊設備洩漏電流限制