

電容器濾波選用分析

編輯：鎔谷 劉于銓


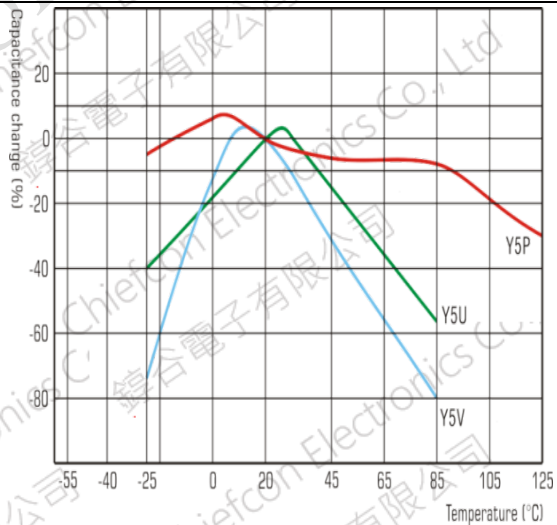
面對日趨複雜的迴路運用，變頻設計占的比率越來越高，然而過去大家運用濾波迴路多以 EMI/EMC 濾波器設計為考量，而該設計主要以部份頻段的降噪為主要考量，與 AC 濾波的弦波上交疊高干擾有所差異，以下我們就目前 Y 電容用於 AC 濾波上的運用作一些介紹。

由於濾波設計與電容器阻抗密不可分，計算表示如下：

$$ESR = \frac{\tan \theta}{\omega C}$$

阻抗又與材質 $\tan \theta$ 有密不可分的關聯，其它比較如下：

Y 電容(Y Capacitor)

類型	Film	C/C
DF 值	0.1%	2.5%
ESR	低	高
溫度造成容量變化率	<p>容量變化 Capacitance change $\Delta C/C(\%)$</p>  <p>以 PP 曲線為主</p>	 <p>以 Y5P、Y5U、Y5V 為主</p>
容量	Y1 : 0.00047~0.1 μ F	Y1 : 1~15000pF
	Y2 : 0.00047~4.7 μ F	Y2 : 1~15000pF

一般書本上對於一個電容的頻率特性都是用 C-ESR-ESL 串聯的集總電路模型來說明，圖 1。

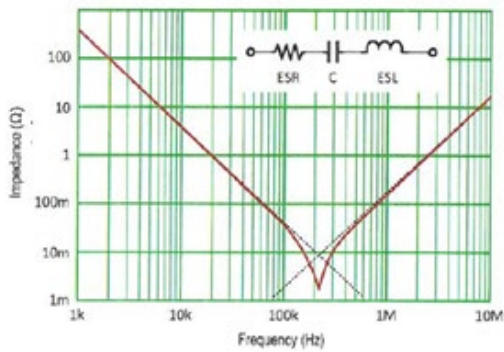


圖 1：電容阻抗圖

阻抗用數學方式表示如下：

錯誤! 尚未定義書籤。
$$Z(j\omega) = R_{ESR} \frac{1}{j\omega C} + j\omega L_{ESL}$$

上式代表了一個向量，有大小及相位。如果用大小和相位表示，上式變成

$$|Z(j\omega)| = \sqrt{R_{ESR}^2 + \left(\omega L_{ESL} - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\angle Z(j\omega) = \tan^{-1} \frac{\omega L_{ESL} - \frac{1}{\omega C}}{R_{ESR}}$$

在低頻時，阻抗大小與相角主要由電容值決定，我們稱之為電容性，大抵是斜率-20dB/dec，角度接近-90°。反之在高頻時，ESL 將主宰阻抗的大小及相角，斜率為 20dB/dec 及近 90° 的相角。阻抗分析儀就是能夠掃描出在不同頻率下的阻抗大小以及其相位角。利用阻抗分析儀可以量測到類似圖 1 的阻抗圖，除了可以將電路模型的參數估算出來外，也可以觀察在哪個頻率範圍內，電容提供多高的阻抗，以方便電路現象的解讀與調試。

電感(Inductor)

電感器一般的集總電路模型如圖 2，其中 R_w 是繞線電阻， C_s 為繞線的雜散電容， R_c 為代表鐵損的電阻。與電容器相反，在低頻時成電感性，頻率越高阻抗也越高；在高頻時，雜散電容的效應明顯，整個電感器呈現電容性，阻抗隨頻率上升而降低。

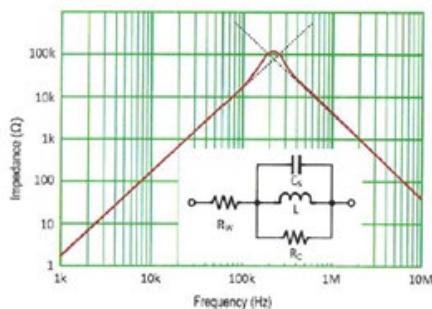


圖 2：電感器阻抗圖

LC 濾波器(LC Filter)

既然電感和電容都存在非理想性，如果用於 LC 濾波器會得到怎麼樣的結果呢？

舉例：用一個 53uH 的環形電感，同時將量測到的資料以 excel 格式存檔，先繪出其阻抗圖如圖 3。同樣地，量測一個 1uF 電容的阻抗圖，如圖 4。利用分壓理論，可以輕易的算出濾波器的效果。

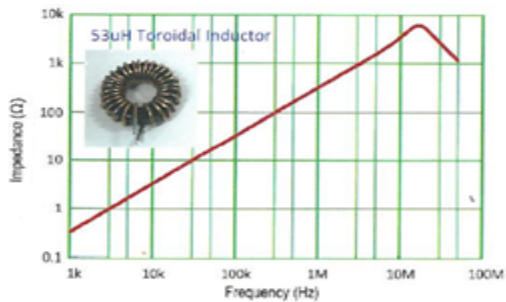


圖 3：53uF 環型電感阻抗圖

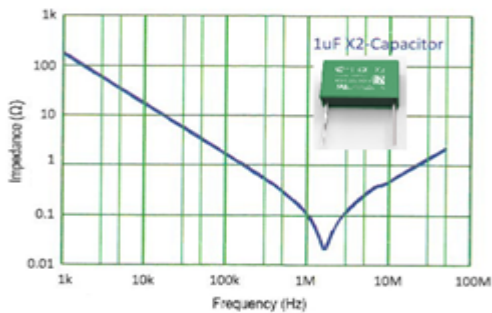


圖 4：1uF 電容阻抗圖

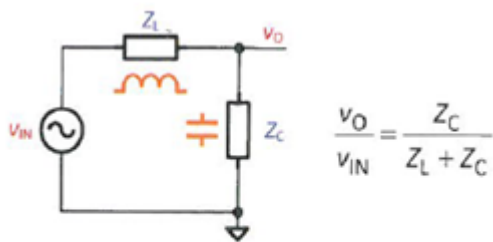


圖 5：低通濾波器

所以可以得到圖 6 的濾波效果。

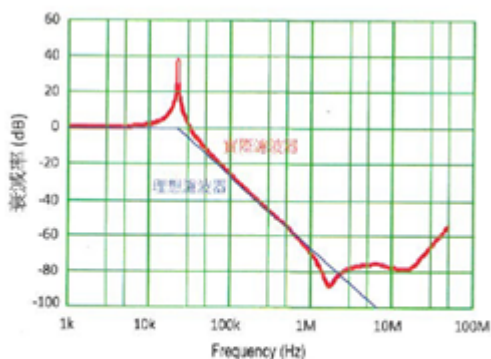


圖 6：實際低通濾波效果

一個理想 LC 濾波器在頻率過了角頻率後，以 40dB/dec 的斜率達到很好的濾波效果，但是在一個實際的 LC 濾波器器，因為電感上的雜散電容以及電容上的串聯電感，使得在高頻階段的濾波效果大打折扣，這些是電路設計者在選用元器件時必須注意到的。