

利用混成式共模電感抑制傳導電磁干擾

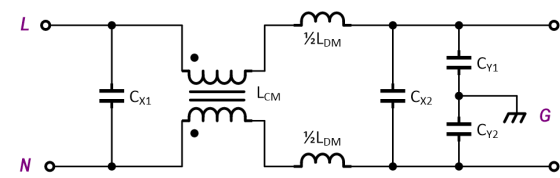
Conducted EMI Reduction by means of Hybrid Common Choke

摘要

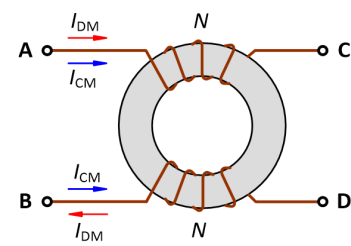
EMI抑制方案有許多組合，包括濾波器組合、變壓器繞線安排，甚至PCB佈局。本文提供一種結合共模電感與差模電感的磁混成，稱之為混成式共模電感器。不僅保留共模電感的高阻抗特性，同時利用其很高漏電感當成差模電感用。不僅可以縮小體積節省濾波器成本，更提供了工程師快速解決傳導型EMI 問題的方法。

混成式共模電感的原理與功能

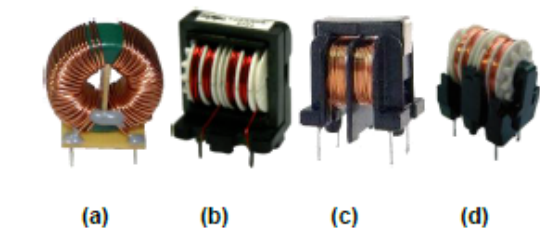
在常規單級EMI 濾波器電路，如圖一，有共模雜訊濾波器 (L_{CM} 、 C_{Y1} 與 C_{Y2}) 與差模雜訊濾波器 (L_{DM} 、 C_{X1} 與 C_{X2}) 分別形成”LC濾波器”衰減共模與差模雜訊。共模電感通常以高導磁錳鋅 (Mn-Zn) 鐵氧體 (Ferrite) 製成，電感值可達1~50mH。共模電感器，如圖二，由於繞線極性安排，雖然兩組線圈分別流過負載電流，但鐵芯內部磁力線互相抵消，一般不存在鐵芯飽和的問題。常用的鐵芯有環型 (Toroidal)、UU型 (UU-9.8、UU-10.5等)、ET型與UT型，如圖三。為了要獲得足夠的共模電感值，儘量讓兩組線圈的耦合達到最好，所以多採用施工成本較高的環型或一體成型的ET與UT 鐵芯。



圖一、常規EMI濾波器結構

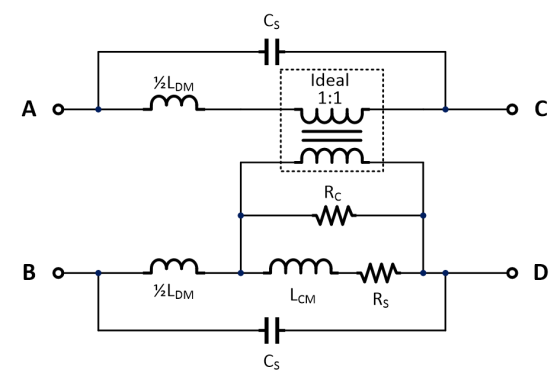


圖二、共模電感器



圖三、共模濾波器 (a)環型 (b)ET型 (c)UU型 (d)UT型

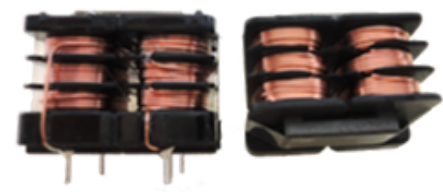
從共模電感的工作原理與等效電路來看，如圖四所示，雙繞組的共模電感雖然有很好的耦合，但是還是存在漏電感，漏電感就是由漏磁通造成。這個漏電感在等效上串聯在電路上，功能上與差模電感無異。所以可以說，共模電感器的漏電感可以利用來做為差模濾波器。然而如圖三所示的共模電感器，由於機械結構的關係，其漏電感都很小，約莫在數 μH 到 $100\mu\text{H}$ 。如果要得到更大的漏電感，只有增加匝數一途，如此一來，線徑變細，電流耐受降低。要改善只有增加鐵芯大小，當然也增加了濾波器的體積與成本。許多要求極高共模電感的應用，其實不在濾除共模雜訊，而是要得到較大的漏電感當差模濾波器用，只是許多工程師不甚清楚罷了。



圖四、共模電感器的等效模型

為了增加共模電感的漏電感，特殊的鐵芯結構與繞線方法稱為混成式共模電感器 (Integrated Common-mode Choke) 或者稱混成共模電感器 (Hybrid Common-mode Choke)，如圖五所示。這樣的結構，不僅可以保留共模電感量以充分濾除共模雜訊外，其漏電感形成的差模電感可以高達數百 μH ，配合適當的X電容，可以有效的濾除中低頻段 (150kHz~3MHz) 的差模雜

訊。實驗證明混成式共模電感器不僅具有很好的濾波特性，低成本與小體積更是最大的優點。

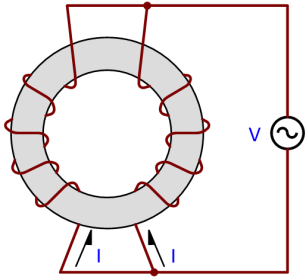


圖五、立式與臥式混成式共模電感器

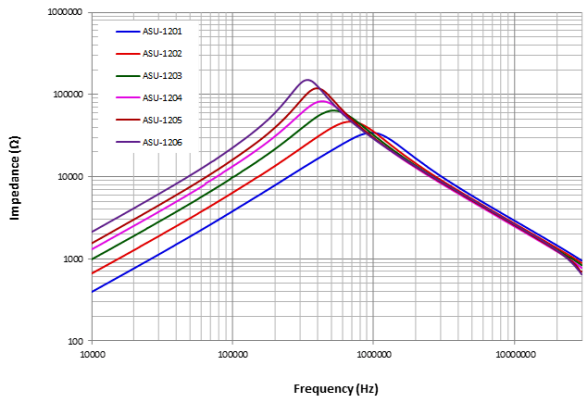
主要的電氣參數

混成式共模電感器保留了常規的共模電感器的規格外，還兼具差模電感的特性。一般除了用共模與差模電感量標示外，還要以下參數來規範。

(1) 共模阻抗 (Common-mode Impedance, Z_{CM})：相較於電源阻抗穩定網路 (Line Impedance Stabilization Network, LISN) 的高頻等效電阻 (共模為 25Ω)，濾波用的共模阻抗越大越好。除了鐵芯材質外，繞線的方法(槽數)更影響高頻阻抗的高低。圖六為共模阻抗的量測法，圖七為ASU-1200系列共模阻抗特性圖。由於繞線的層間雜散電容 (Stray Capacitance, C_S) 存在，高頻時將變為電容性； C_S 越小越好。



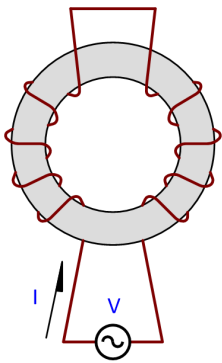
圖六、共模阻抗量測



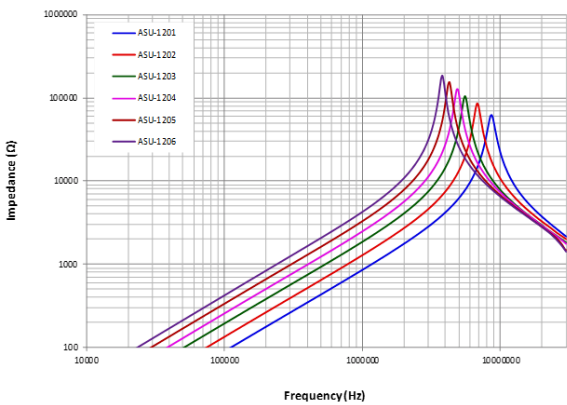
圖七、ASU-1200系列共模阻抗特性圖

(2) 共模電感 (Common-mode Inductance, L_{CM})：傳統上，習慣以外加測試電壓(V_{OSC})與頻率來規範共模電感。依鐵芯材料特色，共模電感以 $V_{OSC} = 1V_{AC} @ 100kHz$ 量測較為穩定。

(3) 差模阻抗 (Differential-mode Impedance, Z_{DM})：同樣的，量測等效差模阻抗的方法如圖八所示，用差模阻抗特性圖(如圖九)來定義差模濾波的效能；相較於LISN 的等效電阻 100Ω ，差模阻抗也是越大越好。當然高頻時一樣會變成電容性，但只要阻抗夠大，一樣有濾波的效果。



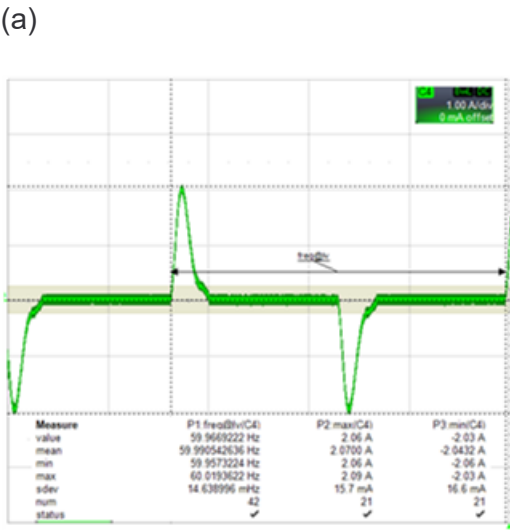
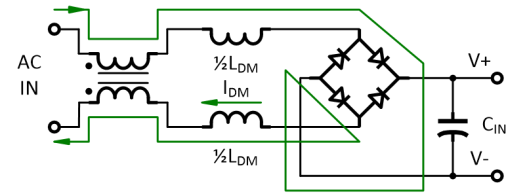
圖八、差模阻抗量測



圖九、ASU-1200系列差模阻抗特性圖

(4) 差模電感 (Differential-mode Inductance, L_{DM})：差模電感一樣可以 $V_{OSC} = 1Vac @100kHz$ 來規範。在實用上，混成式差模電感量必須 $100\mu H$ 以上，配合X電容，才能有效的濾除差模雜訊。

(5) 差模飽和電流 (I_{sat})：如前所述，因為等效差模電感必須流過負載電流，在負載電流的峰值下，差模電感不能飽和，否則其濾雜訊的能力將降低。圖十為一般橋整濾波電路的輸入電流波形。必須確保在最大電流峰值下，差模電感量沒有因飽和而下降。傳統上，以電感值衰減20% (相對於沒有直流偏置) 為其差模飽和電流。



(b)
圖十、(a) 全橋濾波電路 (b) 輸入電流波形

(6) 有效承受電流 (I_{rms})：等效上就是規範線徑粗細。雖然如圖十的輸入電流波形，但其有效值並不高，一般可以兩倍的輸出功率除以最低輸入電壓估計。例如全電壓範圍25W 的電源適配器，輸入電流的有效值約為 $2*25W / 90Vac = 0.55A$ 。

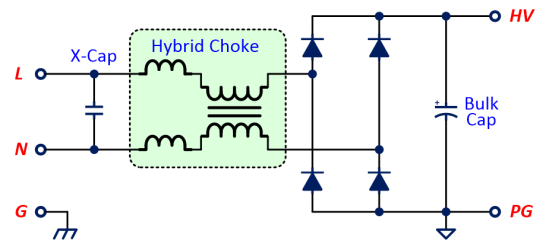
表一 為ASU-1200 系列的電氣參數表

	$L_{CM}(mH)$ $\pm 20\%$	$L_{DM}(\mu H)$ $\pm 10\%$	$I_{sat}(A)$	$I_{rms}(A)$
ASU-1201	4.0	143	3.2	1.00
ASU-1202	6.0	220	2.9	0.80
ASU-1203	9.0	310	2.4	0.75
ASU-1204	12.0	410	2.2	0.75

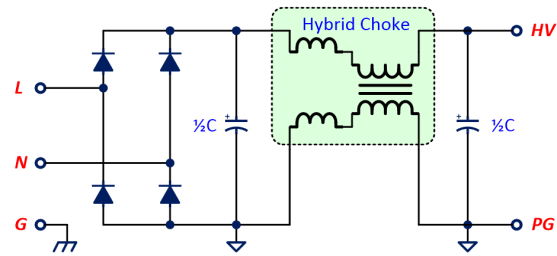
ASU-1205	16.0	530	1.9	0.60
ASU-1206	20.0	670	1.8	0.55

應用電路

混成式共模電感器簡單說就是一個傳統共模電感與一個 (或兩個) 差模電感的混成。在應用上，EMI工程師必須選定需要的共模電感、差模電感以及相關的差模飽和電流與承受電流。ASU-1200 系列混成式共模電感適合應用在25W到50W的Flyback 電路或120W以下PFC 電路。圖十一為兩種應用混成式共模電感器的Flyback 電路。



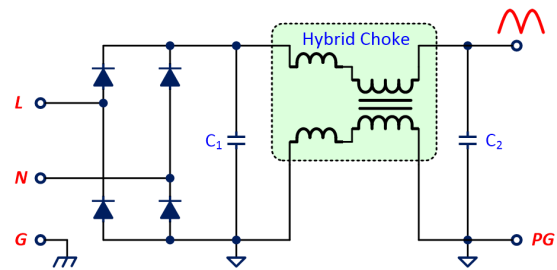
(a)



(b)

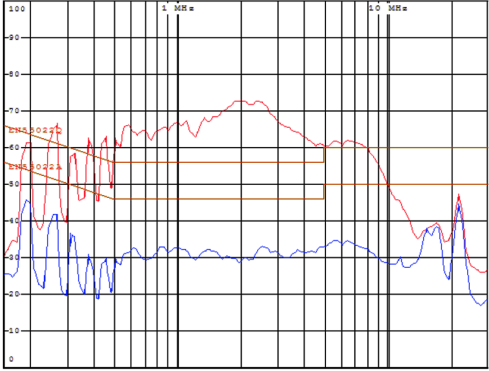
圖十一、兩種應用混成式共模電感器的Flyback 電路 (a) 常規位置搭配X電容 (b) 置於橋整後與電解電容形成PI型濾波器

圖十二為應用在邊界導通模式 (Boundary Conduction Mode) 主動功因改善 (PFC) 電路的濾波器。

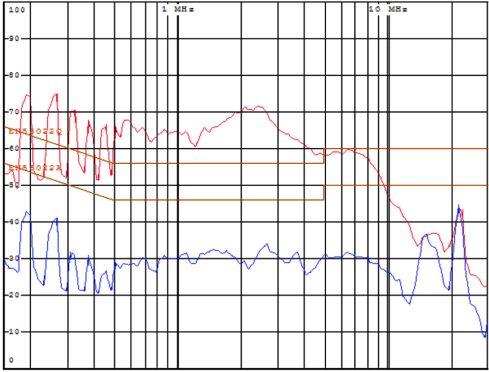


圖十二、應用於PFC電路的混成共模電感器

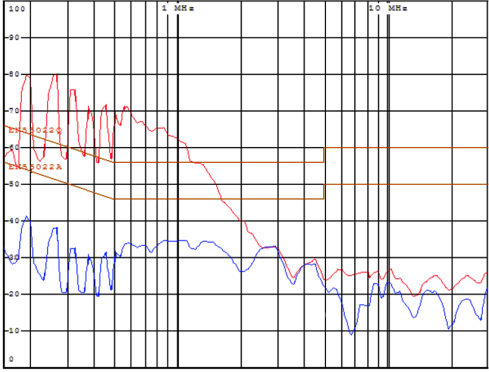
圖十三到圖十五為應用ASU-1203混成式共模電感器在一個24W (12V/2A) 的離線Flyback 電源中EMI 的表現。明顯地可以看出這種共模電感不只有效的衰減共模雜訊，同時其差模電感也大量的衰減差模雜訊。整體而言，裝有ASU-1203 的EMI 表現，在中低頻段約略有30dB的衰減。



圖十三、共模雜訊衰減 (藍色曲線為裝有ASU-1203 的共模雜訊量測圖)



圖十五、總雜訊衰減 (藍色曲線為裝有ASU-1203 的總雜訊量測圖)



圖十四、差模雜訊衰減 (藍色曲線為裝有ASU-1203 的差模雜訊量測圖)

相關資源	
立錡科技電子報	訂閱立錡科技電子報
檔案下載	PDF 下載