

篇名

變壓器原理與應用

作者

侯佳良。高雄縣中山工商。綜合高中。二年六班

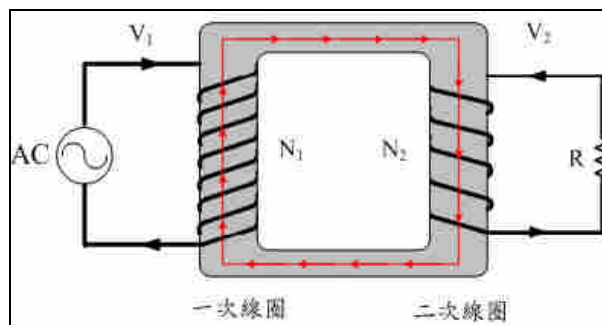
壹●前言

變壓器，顧名思義，就是將電壓轉換變大變小之產品，為很多現代 3C 產品所不可或缺之物品，也算是很重要的發明，它可以讓一項電器用品因為經過了變壓器而可以使用，當然不同規格有不同的變壓器；由於想更進一步的探索來了解變壓器的一些原理，我對變壓器產生了極大的興趣，因此藉由這次機會，讓我能更加的了解變壓器，以及，增加我自己本身不足的知識與常識。

貳●正文

一、變壓器原理：

- (1)、線圈型變壓器於 1885 年由匈牙利 Ganz 公司首度生產，至今已超過一世紀，長時間以來已經廣為運用且有諸多改良，設計出不同的型態，但是其原理仍然是一致的。此變壓器利用電能與磁能轉換感應的原理，將兩組線圈繞製在共同的「鐵心 (core)」上，如 (圖一) 所示，連接電源端的稱為「一次線圈」或「主線圈(primary coil)」，連接負載端的稱為「二次線圈」或「副線圈 (secondary coil)」。





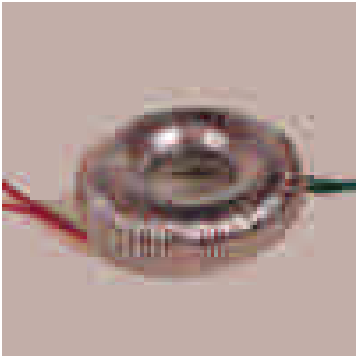
(圖一)、變壓器原理示意圖

(資料來源：楊哲彰 (2004)。認識變壓器。元智大學。最佳化設計實驗室。檢索於 2008/3/28。http://designer.mech.yzu.edu.tw/)

- (2)、當一次線圈接上交流電源，於該線圈通過的電流會在鐵心中產生磁通量變化，另一端的二次線圈會因為感應的電動勢 (emf)，而產生另一個相同頻率的交流電。法拉第定律 (Faraday's Law) 說明感應電動勢與磁通量以及線圈匝數的關係，其中 ε 為感應電動勢， N 為線圈匝數， Φ 為磁通量。在理想情況下，線圈每一匝的磁通量 Φ 皆相同，因此 $d\Phi/dt$ 亦為相同，故感應電壓與線圈匝數成正比，若二次側線圈數 (N_2) 大於一次側線圈數 (N_1)，則該變壓器為「升壓變壓器 (step-up transformer)」，反之若則為「降壓變壓器 (step-down transformer)」。

三、變壓器種類與應用：變壓器的種類有很多，以下如下表（一）及下頁所示表（二）、介紹常見的變壓器及其他的應用範圍：

表（一）、變壓器之種類與特點

變壓器種類	此變壓器特點及應用範圍
 <p data-bbox="300 902 587 936">(圖二)、E T 變壓器</p>	<p data-bbox="651 544 1329 869">ET 變壓器：最常見的變壓器：便宜，不過洩磁較大，同樣大小效率較低；具有雜散電容小，紋波係數低，電感偏差小等特點，廣泛應用於彩色電視電源，液晶顯示電源，電腦開關電源，電子鎮流器等。如左（圖二）所示</p>
 <p data-bbox="300 1339 587 1373">(圖三)、環形變壓器</p>	<p data-bbox="651 969 1329 1328">環型變壓器：洩磁較低的變壓器：效率高。雖然是環型，側面看是方形的。由於鐵芯的磁通密度高，所以鐵芯的截面積可大為減小，同時，環形變壓器採用了環形穿繞的方法穿繞初級線圈，可以充分利用空間，使線圈的用線量也大為減小。如左（圖三）所示</p>
 <p data-bbox="300 1809 587 1843">(圖四)、O 形變壓器</p>	<p data-bbox="651 1417 1329 1787">O 型變壓器：洩鐵芯無切口、斷面，無洩磁的問題，確保磁路上的低阻抗，就是效率的提升與磁漏的減少，同時因為體積小，線圈繞組佔用長度也少，所以直流阻抗也低，所帶來 O 型變壓器在音質上的醇厚程度，在實際的比較上，有明顯的差異。如左（圖四）所示</p>

(資料來源：楊哲彰(2004)。認識變壓器。元智大學。最佳化設計實驗室。檢索於2008/3/28。http://designer.mech.yzu.edu.tw/)

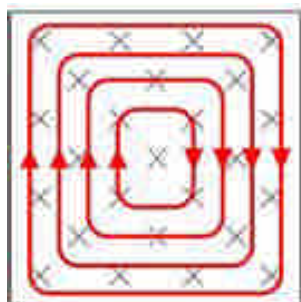
表（二）、其他之變壓器之應用

<p>(1) 音響設備之變壓器：音響設備之電源變壓器是影響音響放大器性能的關鍵元件，環形變壓器的繞制不是分兩邊繞制，而是內外疊繞，它的鐵芯是採用高磁通的晶粒取向冷軋矽鋼帶捲繞而成的，這樣的繞制工藝和鐵芯磁路使得其磁通密度高、漏磁小，內阻小，效率高。由於漏磁小，故對電路的干擾也大為減小，可以提高音響放大器的信噪比，對高保真功率放大器而言，環形變壓器的小內阻，快反應的特性是最重要的。我們知道放大器的電源電路中加入大容量的濾波電容，可使電容中儲存的能量在音響的短時尖峰信號出現時不至於切峰，但在信號的爆棚處僅靠電容儲能已不能滿足要求，這時就必須靠電源本身的內阻小，反應快來提供這一段時間的大電流，這種情況下也只有環形變壓器最能呈現出此功能。環形變壓器的窗口比普通變壓器大得多，因而對於要求極高的頂級放大器，還可以選用大截面積的導線繞制線圈，使內阻降得更低，而一般變壓器因視窗面積有限，限制了導線的截面積。</p>
<p>(2) 自耦 R 源變壓器：自耦 R 型變壓器是一種高技術、高性能、節能型產品，有結構獨特、外觀精巧、完美的電氣性能等特點，受到各行業的青睞。自耦環型變壓器與同容量的一般變壓器相比較，尤其在變壓比接近於 1 的場合顯得特別經濟，適合各種需要升降壓的設備。R 型自耦變壓器具有無切割卷繞鐵芯，使用高品質的材料、因而體積小，重量輕。由於鐵芯無切割，損失就很小，加之採用高品質的材料和緊湊結構，使鐵芯與繞組之間的距離降到最小，故效率可達 90% 以上。R 型自耦變壓器的鐵芯沒有磁隙且繞線勻衡，因而漏磁小。無需設計任何防反漏磁措施。由於 R 型自耦變壓器是用高品質低損耗的材料制成，電阻損耗和產熱都很低，且由於沒有切割，磁致伸縮應力就很容易被吸收。</p>
<p>(3) O 型電源變壓器：O 型變壓器的鐵芯是圓的，當線圈在鐵芯上環繞時，O 型變壓器沒有折角的優勢，將可以使得磁場的分佈更為均勻。除此之外，環形變壓器採用的是鐵粉芯，O 型採用的則是疊片式的鐵心架構，可以有效的減少 eddy current 渦流，同樣可以減少變壓器的溫升，因為渦流其實就是另一種形式的能量損耗，而一般人評估 EI 變壓器的優勢，也正在於此。O 型變壓器是採用造型非常特殊的鐵片來繞製鐵芯，讀者可以想像，這個鐵片並非規則的帶狀，而是類似梭子的造型，由窄而寬而窄，盤起來之後，就是一個甜甜圈的模樣了，光是這份功夫，就提高 O 型變壓器的製造難度與對自動化機具的需求。</p>

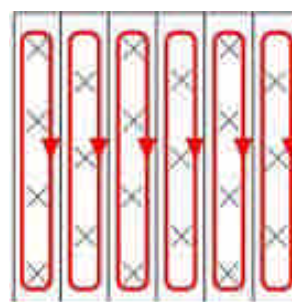
(資料來源：趙世文、王志浩 (1997)。電子變壓器及電路。台北：全華出版社)

四、變壓器損耗：理論上當變壓器的轉換效率為 100%時，一次線圈側輸入功率與二次線圈側輸出功率相同，但實際上由於激磁所產生的磁力線不可能全部都被侷限在鐵心中，再加上其他的內部損耗，轉換效率勢必下降。通常變壓器的損耗可分為兩類：「鐵損」與「銅損」，前者與負載無關，因此又稱為「無負載損」，後者則和負載的大小有關，稱為「負載損」，分別說明如下：

- (1)、無負載損：由於線圈的內阻，一次線圈的激磁電流會造成內損 ($P=IV$)，但是此電流極小，通常可忽略不計。再者，鐵心矽鋼片的材質不同，以及電壓頻率的變化，會造成「磁滯損 (hysteresis loss)」，電壓頻率越高則磁滯損將會越大。降低磁滯效應的作法是目前廣為採用的約含 3%矽的材料矽鋼片鐵心，且另一方面，高導磁的材料通常其磁通飽和密度較低，但可藉由添加矽元素提高磁通飽和密度。另一個很重要的變壓器能量損耗是「渦流損 (Eddy Current loss)」，由於鐵心本身也是導體，因當鐵心通過磁力線，此時會在鐵心內與磁力線垂直的切面上形成電流環路，如 (圖五 a) 所示，渦流同樣會造成 $P=IV$ 的內部損耗，變成熟能。渦流的現象是無法完全解決的，但要降低渦流的影響，目前的作法是如 (圖五 b) 所示，的方式，鐵心採用相互絕緣的薄片堆疊而成，每片薄片僅約 0.2mm 到 0.35mm，矽鋼片的厚度越薄，則渦流越小，此外，上段敘述中所提及的添加矽元素於鐵心中，除了提高磁通飽和密度外，也可以降低鐵心導電性，亦即降低渦流。



(圖五 a)、電流環路



(圖五 b) 鐵心排列方式

(資料來源：楊哲彰 (2004)。認識變壓器。元智大學。最佳化設計實驗室。檢索於 2008/3/28。http://designer.mech.yzu.edu.tw/)

- (2)、負載損：負載損包含「電阻損」與「漂游損」兩部份。電阻損起因於線圈本身的電阻，當負載端的電流越大，則電阻損就越大，繞組的電阻損佔變壓器銅損近 50%，因此欲降低銅損主要的考量是增加導線的截面積以及減少線圈匝數。慎選較好的銅材質並使用線徑較粗的銅導線也可降低電阻，此外若採用導磁性極高的鐵心材質或採用無接縫捲鐵心，則可降低線圈匝數，達到降低銅損的目的。(註四)

參●結論

在正文時，我有介紹許多有關變壓器之項目，至今，變壓器已有許多電子範疇，例如數位相機、液晶電視等等，而也以實用性的觀點來設計，可說已經到了成熟階段，因為目前變壓器種類繁多，且有更多適用於不同科技產品的變壓器也隨之增加，但還是有一些轉換類型的變壓器，目前也正在研發中。

肆●引註資料

- (註一) 許宏名 (1993)。電機及變壓器。台北：科技圖書出版社
- (註二) 趙世文、王志浩 (1997)。電子變壓器及電路。台北：全華出版社
- (註三) 謝沐田 (1992)。高低頻變壓器設計。台北：全華出版社
- (註四) 楊哲彰 (2004)。認識變壓器。元智大學。最佳設計化實驗室。檢索於 2008/2/28。 <http://designer.mech.yzu.edu.tw/>。