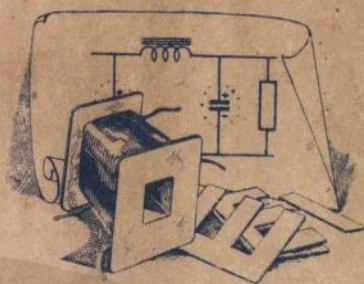


蘇聯
大眾無線電叢書



小電力變壓器和濾波器的設計

C. H. 克里席著
吳振平譯



交流無線電出版社

目 錄

1. 無線電機中應用整流器供給電源·····	1
2. 確定用電容器輸入式濾波器的整流器中變壓器線 圈的電壓和電流·····	4
3. 確定用抗流線圈輸入式濾波器的整流器中變壓器 線圈的電壓和電流·····	8
4. 電源變壓器的構造·····	9
5. 電源變壓器的結構設計·····	15
鐵心型式與尺寸的決定·····	15
變壓器線圈的計算·····	19
線圈排位的校核·····	20
電源變壓器的設計實例·····	22
6. 平滑濾波器·····	29
濾波器的設計舉例·····	33
7. 抗流線圈的結構設計·····	36
抗流線圈結構設計的舉例·····	40
附錄·····	45
1. 幾種殼式鐵心的基本參考數據·····	45
2. 線規表·····	46
3. 確定變壓器鐵心基本參數的公式來源·····	48
4. 確定在鐵心直流磁化下工作的抗流線圈匝數的公式來源·····	52
5. 決定濾波器輸入端脈動的公式·····	55
6. 整流电路的工作狀態·····	55
7. 小電力真空整流管的特性表·····	56

1. 無線電機中應用整流器供給電源

在小電力的無線電機中，常應用整流器來供給電源，圖 1 是最普通的常用的全波整流器電路。從圖 1 可以看出，這種整流器是由變壓器 T 、雙屏極真空整流管 K 和包括抗流線圈 L 及電容器 C_1 與 C_2 的濾波器所組成。變壓器有一個接於交流電源電路的初級線圈和幾個次級線圈。次級線圈中有一個高壓線圈 2，供給整流管屏極上的電壓；其餘的次級線圈（低壓）則分別是整流管絲極電路（線圈 3），和收音機、擴音機或其它裝置的真空管絲極電路（線圈 4）。

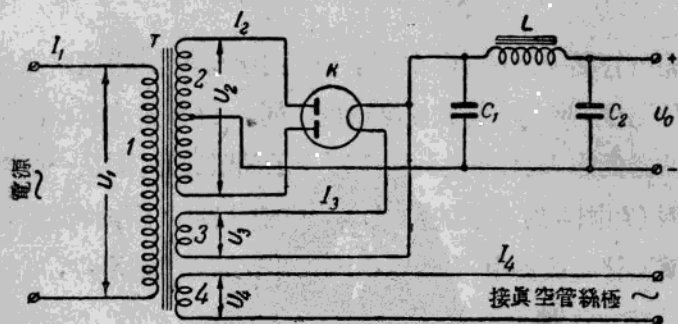


圖 1 真空管整流器的電路。

爲了減少整流後電流的脈動性，所以在整流器的輸出端接入一個平滑濾波器，這個濾波器是由兩個電容器 C_1 、 C_2 及具

有鐵心的抗流線圈 L 所組成。

在電力較大的設備中，普通採用充氣管整流器，圖 2 是充氣管全波整流器的電路，這種整流器的效率比真空管整流器的效率大。

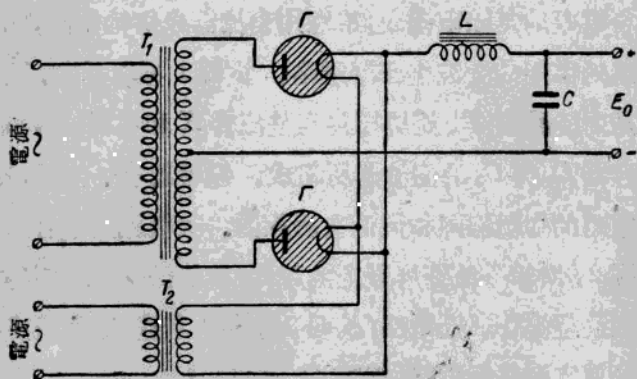


圖 2 充氣管整流器的電路。

充氣管整流器的一個特點，就是平滑濾波器內電路元件連接的順序，與真空管整流器內的不同。這種整流器中的平滑濾波器的輸入端，不是如圖 1 所表示的電容器，而是一個抗流線圈（如圖 2 所表示的情形），這樣整流器的工作特性較好。在真空管整流器中，有時也這樣使用，在某些情形時，可以得到較好的效果。

充氣管整流器的另外一個特點，就是在它的全部結構中，使用兩個變壓器：屏極變壓器和絲極變壓器。由於充氣管必須在屏極電壓加入前充分加熱，所以絲極變壓器應當比屏

極變壓器提前幾分鐘接入，以便達到上述目的。

對於設計使用於任何整流器中的變壓器，必須知道變壓器次級線圈的電壓和電流。

2. 確定用電容器輸入式濾波器的整流器中變壓器線圈的電壓和電流

在設計整流器時，必須知道從這個整流器中需要取用的電壓和電流，我們以 U_0 表示整流後電壓的直流成分， I_0 表示整流後電流的直流成分。

在用電容器輸入式濾波器的全波真空管整流器中（圖 1），變壓器高壓（次級）線圈的有效電壓 U_2 和電流 I_2 ，與 U_0 和 I_0 的關係，可以用下面的近似公式來表示：

$$U_2 = (2 \sim 2.2) U_0 \quad (1)$$

$$I_2 = (1 \sim 1.2) I_0 \quad (2)^*$$

其餘用爲絲極電源供給的次級線圈的電流和電壓，則根據所使用的整流管和真空管絲極的需要來決定。每個絲極線圈所供給的電力，等於這個線圈的電壓與電流的乘積：

$$P_3 = U_3 I_3, \quad P_4 = U_4 I_4 \quad (3)$$

高壓線圈所供給的電力可用下式來表示：

$$P_2 = 0.7 U_2 \times I_2 \quad (4)$$

* 公式中所表示的係數是平均數值。它們根據真空整流管的內電阻 r 對等效負荷電阻 R_0 的比值而變化，這個等效負荷電阻是由 U_0/I_0 來決定。在實際上所遇到的較小比例： $r/R_0 \approx 0.02 \sim 0.03$ 時，公式(2)中的係數可達到 1.4；在較大的比例： $r/R_0 \approx 0.2$ 時，這個係數的值小於 1。

在公式(4)中的係數 0.7, 是由於高壓線圈的有效電流內含有流過線圈本身使高壓線圈發熱、但不會和初級線圈相感應的直流成分, 所以它所需的電力就要比乘積 $U_2 I_2$ 小一些。

變壓器的全部次級線圈電力的總和是:

$$P_{II} = P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n \quad (5)$$

變壓器(初級線圈)從交流電源電路中所取用的電力, 可以應用下式來決定:

$$P_T = P_1 = \frac{P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n}{\eta_T} \quad (6)$$

η_T 是變壓器的效率, 它的數值是由變壓器的尺寸來決定。

小電力變壓器($P_T < 100$ 瓦特)損失的百分率較大, 它的效率 η_T 平常不超過 0.7~0.85; 大電力變壓器的 η_T 值平常約是 0.9 左右; 在數十瓩的變壓器中, η_T 可達 0.95。

變壓器初級線圈的電流可以由下列的關係求出, 約是

$$I_1 = 1.1 \frac{P_1}{U_1} \quad (7)$$

變壓器常常需要用於各種不同的電源電壓, 例如 110、127 和 220 伏特。在這時, 變壓器的初級線圈應具有中間抽頭, 如圖 3 所表示的形狀, 或者有幾個分開的初級線圈, 這幾個初級線圈根據電源電壓的值, 彼此串聯或並聯接入電源電路中。例如初級線圈可以分為三個線圈, 其中的兩個線圈各應用於 110 伏特, 另外一個線圈適用於 17 伏特(圖 4)。當兩個 110 伏

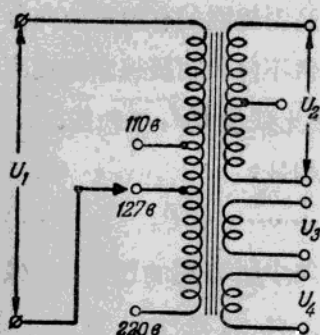


圖3 初級線圈中間抽頭的變壓器。

特的線圈並聯時(圖4a),變壓器可以使用於110伏特的電源電路中;在這兩個線圈串聯時(圖4b),則變壓器可接入220伏特的電源電路中;當三個線圈如圖4b所表示的組合起來時,就可以接入127伏特的電源電路中。

爲了清楚的說明變壓器各線圈中電壓和電流的計算程序,試討論下面的例題。

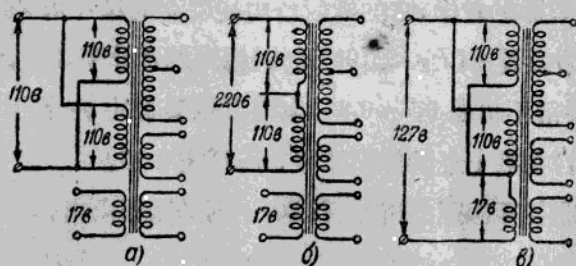


圖4 初級線圈分段的變壓器電路。

整流器的電路如圖1所示,在這整流器中所用的整流管是5BX1 (5U4C),它所供給的整流電壓 $U_0 = 300$ 伏特、電流 $I_0 = 100$ 毫安。真空管的絲極電壓是6.3伏特,絲極電流是1.8安培,如果電源電壓是110伏特,試計算變壓器各線圈的電壓和電流。

(1) 次級(高壓)線圈的電壓:

$$U_2 = 2.2 U_0 = 2.2 \times 300 = 660 \text{ 伏特}$$

(2) 高壓線圈的電流：

$$I_2 = 1.2 I_0 = 1.2 \times 100 = 120 \text{ 毫安} = 0.12 \text{ 安培}$$

(3) 高壓線圈的電力：

$$P_2 = 0.7 U_2 \times I_2 = 0.7 \times 660 \times 0.12 = 55 \text{ 瓦特}$$

(4) 整流管絲極線圈的電力：

$$P_3 = U_3 \times I_3 = 5 \times 2 = 10 \text{ 瓦特}$$

(5) 真空管絲極線圈的電力：

$$P_4 = U_4 \times I_4 = 6.3 \times 1.8 = 11 \text{ 瓦特}$$

(6) 電源供給變壓器的電力：

$$P_1 = \frac{P_2 + P_3 + P_4}{\eta_T} = \frac{55 + 10 + 11}{0.75} \approx 100 \text{ 瓦特}$$

在這裏，採用 0.75 為變壓器效率 η_T 的值。

(7) 初級線圈的電流：

$$I_1 = 1.1 \frac{P_1}{U_1} = 1.1 \times \frac{100}{110} = 1 \text{ 安培}$$

3. 確定用抗流線圈輸入式濾波器的整流器中變壓器線圈的電壓和電流

對於用抗流線圈輸入式濾波器的全波整流器(圖2),當 U_0 和 I_0 的值已知時, U_2 和 I_2 的值可以應用下列的近似公式求出:

$$U_2 = (2.25 \sim 2.5) U_0 \quad (8)$$

$$I_2 = 0.71 I_0 \quad (9)$$

也就是,當 U_0 已知時,應用這種整流器在變壓器的次級線圈可以得到較高的電壓,但是在同樣的 I_0 值時,次級線圈中所得到的整流後電流值,則比用電容器輸入式濾波器的整流器所得到的電流值小。

在抗流線圈輸入式濾波器的整流器中,變壓器初級線圈的電力和電流可以應用公式(6)和(7)來決定,這種方法與電容器輸入式濾波器的整流器所用的方法相同。

4. 電源變壓器的構造

變壓器是由以下的幾個基本部分所組成：(1)鐵心，(2)線圈框，(3)線圈，(4)裝合鐵心用的零件。

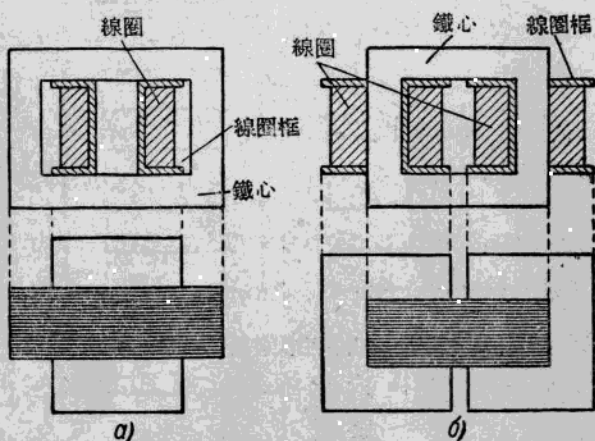


圖 5 殼式和芯式的變壓器。

變壓器鐵心所用的材料是薄片的變壓器鋼，將它們壓切成應有的形狀。鋼片的厚度普通是由 0.3 到 0.5 公厘，它的一面塗以絕緣漆或黏貼一層薄紙，鐵心鋼片間的這種相互間絕緣，可減少鐵心中由於渦流所發生的損失，這樣便能減輕變壓器工作時的發熱和增加變壓器的效率。

在變壓器中，可以採用殼式鐵心(圖 5a)或芯式鐵心(圖 5b)。

殼式鐵心在電力較小（100~200 瓦特以下）的變壓器中常常採用，芯式鐵心則用於電力較大的變壓器中。

殼式鐵心是用 III 型鋼片（圖 6a）疊成，因此殼式鐵心有時稱為 III 型鐵心。爲了消除殼式鐵心的基片與端片間間隙，端片是在基片的兩端互相交替地裝置，如圖 6b 所示。

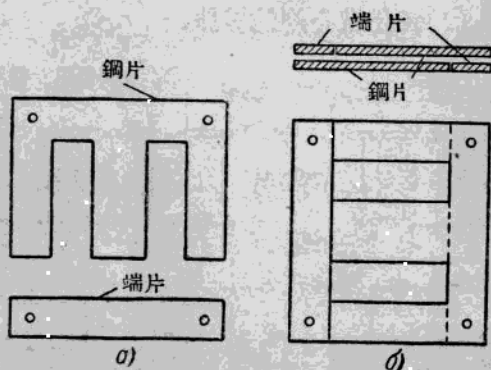


圖 6 III 型鋼片，端片與它交替疊合成殼式鐵心。

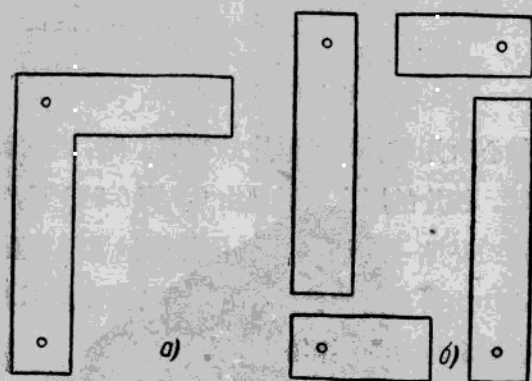


圖 7 芯式鐵心用的 E 型片和直條形片。

殼式鐵心只有一個繞組，也就是變壓器的全部線圈重疊地繞在一起。

芯式鐵心是由「型鋼片(圖 7a)或直條形的鋼片(圖 7b)疊合在一起的。在這種情形時，變壓器的線圈分別繞成兩個繞組，因此各線圈間的絕緣比較殼式線圈的絕緣良好。

鐵心疊合在一起之後，就用夾板或角鐵夾緊，也就是把雙頭螺栓插入鋼片上備好的孔中，再用螺帽將它擰緊。這個夾緊用的夾板同時也可以利用來將變壓器固定在整流器的底板上。

繞裝變壓器線圈用的框架，普通是用絕緣紙做成的，包括一個捲筒和幾塊牆板(圖 8a)。對於高壓線圈電壓較高(約 1000 伏特以上)的變壓器，常採用分段框架(圖 8b)，這樣就使線圈容易得到良好的絕緣。在後一種情形時，每一個高壓線圈分別繞成兩段或更多段。

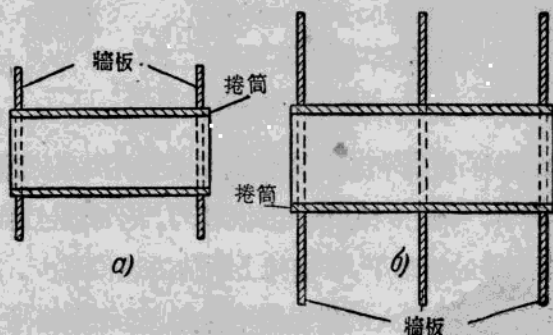


圖 8 變壓器的框架。

在這時，每段線圈只受到總電壓的一部分，因而增加了變壓

器工作的安全性。對於高電壓變壓器，爲了改進絕緣性能，牆板常用壓紙板或夾布膠木做成的。

在小尺寸變壓器的大批生產中，有時採用塑膠質框架，這種框架具有高超的絕緣性能。

有時爲了減低變壓器的生產成本起見，實踐上常採用所謂無框式的繞組。這時線圈繞在沒有牆板的捲筒上。把薄紙的墊襯夾置在線圈的各層間，紙的兩端黏貼起來。沒有框架的繞組如圖 9 所示。這種型式的繞組只能在小尺寸的變壓器中採用，因爲當繞組的高度很大時（大於 20~25 公厘），很難保證線圈的充分機械強度（線圈最上部的各圈可能溜下）。

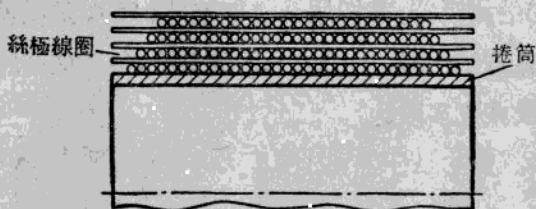


圖 9 無框架線圈繞組的略圖。

變壓器的線圈是用外包漆、紗或絲的絕緣層的銅線繞成的。在小變壓器中，一般多採用漆包線（ПЭ）；因爲漆包線最是便宜，而且在同樣的情形下，在框架上所佔的地位最少。紗包線（ПБД）平常在電力較大的變壓器中採用，這種線圈所用的導線的直徑大約在 1.5~2 公厘或更大一點。絲包線（ПШД，ПШО）和絲漆包線（ПЭШД，ПЭШО）在高壓線圈（ $U > 1,000$

伏特)中採用;在這裏,線圈的匝間絕緣常有被打穿的危險,因此導線的絕緣強度是需要提高的。

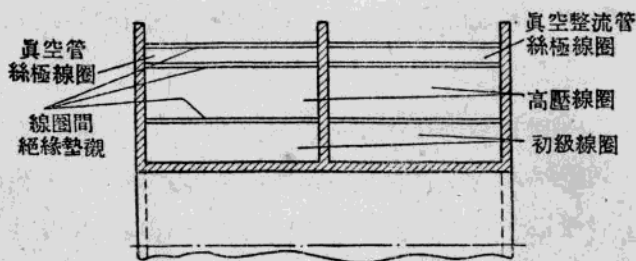


圖 10 變壓器線圈的截面圖。

爲了預防變壓器線圈的各層間被打穿,所以要夾襯薄紙或絕緣臘布做成的層間絕緣墊襯。用漆包線時,最好每層間都夾放墊襯;用別種線時,可以每繞 3~5 層夾一層墊襯。

爲了防止變壓器受潮,同時也爲了提高變壓器線圈的絕緣強度,線圈繞好後再用特殊的材料來浸漬,例如用石蠟或絕緣漆。在某些情形中,在浸漬之後,在線圈的表面上還塗上一層瀝青,這就大大的提高了變壓器的防潮能力。

線圈在變壓器框架上的排列次序沒有原理性的作用。在這裏主要是根據繞製的便利來考慮。通常將變壓器的初級線圈或高壓線圈繞在下面,將絲極線圈繞在上面。例如,圖 10 表示一般變壓器線圈的排列次序。變壓器的全部線圈必須用紙或厚約 1~2 公厘的絕緣臘布作爲各線圈間的絕緣夾襯(工作電壓在 1000 伏特以下時)。

變壓器線圈的引出線應當用柔軟而且具有良好絕緣的多股導線。

5. 電源變壓器的結構設計

在這一節中，主要討論小電力單相電源變壓器構造設計的簡單方法。這種方法適用於幾百瓦特以下的電源變壓器的結構設計，方法雖然很簡單，但是它的精確程度完全可以滿足實際上的需要。

在設計變壓器時，下列各數值總是已知的：

- (1) 施於初級線圈的電源電壓 U_1 ；
- (2) 各個次級線圈的有效電壓 $U_2, U_3, \dots, U_n$ ；
- (3) 各個次級線圈的有效電流 $I_2, I_3, \dots, I_n$ 。此外，有時也已經知道所要用的鐵心型式。

在變壓器的設計結果中，應該求出以下各值：

- (1) 鐵心的型式(如果原來不知道)和它的尺寸；
- (2) 每個線圈的匝數($w_1, w_2, \dots, w_n$)；
- (3) 每個線圈所用導線的直徑($d_1, d_2, \dots, d_n$)。

我們應當從確定變壓器鐵心的型式和尺寸來開始計算。

如果變壓器鐵心的型式已經知道，則下面所給出的公式可以供校核之用。

鐵心型式與尺寸的決定

在設計變壓器的結構之前，應當用公式(5)將全部次級線圈