

目 錄

1. 自耦變壓器是怎樣工作的?(1)
2. 自耦變壓器的計算.....(2)
3. 自耦變壓器的構造.....(7)
 - a. 100 瓦的自耦變壓器(7)
 - b. 萬用自耦變壓器.....(11)
4. 萬用電源收音機的自耦變壓器(14)

在電廠負荷達到最高負荷峯值時，用這電源供電的收音機的工作顯得特別壞。這是由於電源電壓下降，120 伏的正常電壓可能下降至 70—80 伏；220 伏的正常電壓可能下降至 150—160 伏。在這種情況下，可以採用自耦變壓器（亦稱單圈變壓器）以保持收音機的正常電壓。

1. 自耦變壓器是怎樣工作的？

只有單個線圈的變壓器，叫做自耦變壓器。

自耦變壓器怎樣工作的？請看圖 1 變壓器線路圖，它的初

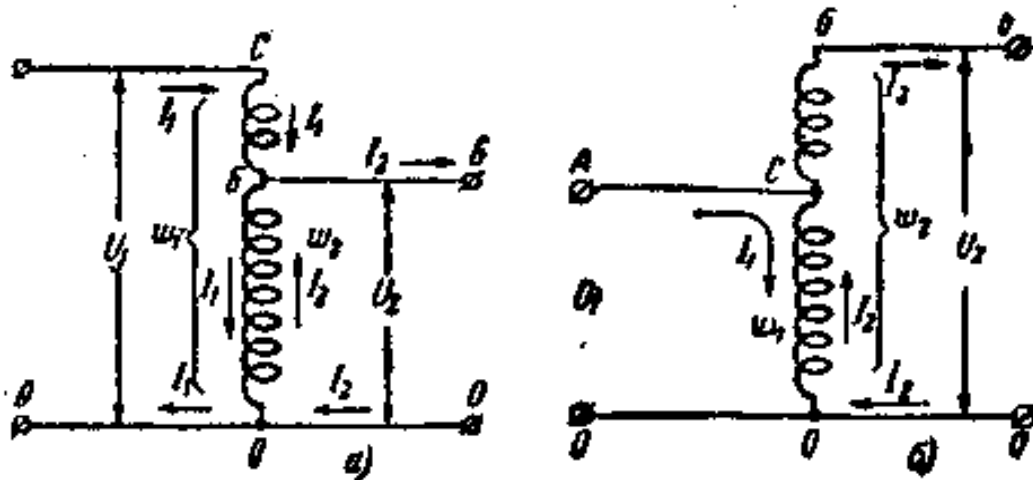


圖 1

級線圈 CB 與次級線圈 BO 是彼此串聯的。在 AO 兩點接入交流電源時，電壓均勻地分佈在全部線圈 CB 和 BO 之間，且 BO 間的電壓等於每一圈的電壓乘上 BO 段線圈的圈數。很明顯地，線圈 BO 的電壓比線圈 CO 的電壓低。這種自耦變壓器叫做降壓自耦

變壓器。

如圖所示，當任何負荷接至 BO 兩點時，次級線圈即產生電流 I_2 ，同時次級線圈亦通過電源電流 I_1 。由圖中得知，電流 I_1 和 I_2 在 BO 線圈中是相反的，因此實際上 BO 線圈內流過的電流 I 等於電流 I_1 和 I_2 之差。即 $I = I_2 - I_1$ 。這說明了線圈 BO 的線徑可用小於線圈 CB 的線徑，因此比普通的變壓器節省很多銅線。由於銅線上的損耗降低，自耦變壓器的效率比同樣功率的普通變壓器高。

自耦變壓器亦可以昇高電壓。此時電源接在一部分線圈上，而昇高的電壓則由線圈的兩端取得（圖 16）。

自耦變壓器在無線電工程中的應用很廣，主要用來保持無線電機件的電壓穩定，特別用在小電力的收音機和短波混頻器等等的電源電路上。但自耦變壓器僅用於 $\frac{U_2}{U_1}$ 的電壓比值接近於一時最有利。

2. 自耦變壓器的計算

下面談到自耦變壓器的計算方法，以及各種功率自耦變壓器實際構造上的說明。

自耦變壓器的計算實質上與普通變壓器的計算並無分別。

在自耦變壓器中，其初級線圈及次級線圈中的電流及電壓關係，與普通變壓器的情況相同，即

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{w_2}{w_1} = n \quad \text{或} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{w_1}{w_2} = \frac{1}{n}$$

式中 U_2 和 U_1 ——次級線圈和初級線圈的電壓;

I_2 和 I_1 ——相當於 U_2 和 U_1 的電流;

w_2 和 w_1 ——次級線圈和初級線圈的圈數 (參看圖 1 a 和 1 b)。

由次級線圈獲得的功率, 亦即是自耦變壓器的功率, 等於

$$P_2 = P_{am} = U_2 I_2.$$

在降壓自耦變壓器中, $I = I_2 - I_1$ 或 $I_2 = I + I_1$, 因此

$$P_{am} = U_2 I_2 = U_2 (I + I_1) = U_2 I + U_2 I_1 \dots \dots \dots (1)$$

由方程式 (1) 得知功率 P_{am} 由兩部分組成:

1. $P_m = U_2 I$ ——變壓器功率, 即由於電路之間的磁耦合而傳給次級電路的功率。
2. $P_g = U_2 I_1$ ——非變壓器功率, 由於初級線圈與次級線圈間的電氣聯系而傳輸給次級線圈的功率。

自耦變壓器的鐵心是根據變壓器功率 P_m 計算的。(1) 式經過簡單的變化以後, 即可得出下一公式

$$P_m = P_{am} (1 - n) \dots \dots \dots (2)$$

式中 $n = \frac{w_2}{w_1}$ ——變壓係數 (降壓),

以同樣的方法, 昇壓自耦變壓器亦可得下式

$$P_m = P_{am} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \dots \dots \dots (3)$$

式中 $n = \frac{w_2}{w_1}$ ——變壓係數 (昇壓)。

下列符號在以後公式中代表的意義是:

P_{am} —自耦變壓器功率，單位瓦；

P_m —變壓器的標準功率，單位瓦；

U_1 —接在初級線圈的電壓，單位伏；

U_2 —次級線圈的電壓，單位伏；

I_1 —初級電路的電流，單位安；

I_2 —負荷電流，單位安；

S —鐵心截面，單位平方公分；

w_0 —線圈每一伏電壓的圈數；

w_1 —初級線圈的圈數；

w_2 —次級線圈的圈數；

B —鐵心的磁通密度，單位高斯；

自耦變壓器功率 P_{am} 需按公式 (2) 或 (3) 求出的數值加 10%，即乘以 1.1。

鐵心的截面

$$S = 1.21 \sqrt{P_m} \dots\dots\dots (4)$$

線圈每一伏電壓的圈數

$$w_0 = \frac{450,000}{BS} \dots\dots\dots (5)$$

初級線圈及次級線圈的圈數為

$$w_1 = w_0 U_1 \text{ 和 } w_2 = w_0 U_2 \dots\dots\dots (6)$$

使用時，線圈的溫度不應超過 $60^\circ - 65^\circ \text{C}$ 。因此導線上的電流密度不應超過每平方公厘 2—2.5 安。導線的直徑由下式計算：

$$d = 0.8 \sqrt{I} \dots\dots\dots (7)$$

式中 d ——導線的直徑，單位公厘；

I ——導線上的電流，單位安。

初級電路的電流

$$I_1 = \frac{P_{am}}{U_1} \dots \dots \dots (8)$$

次級電路的電流（負荷電流）

$$I_2 = \frac{P_{am}}{U_2} \dots \dots \dots (9)$$

上列公式用以計算 500 -700 瓦的自耦變壓器是相當準確的。

現在讓我們舉一個例子，利用上述公式來計算一只供給收音機、電唱機、電烙鐵和其他儀器使用的昇壓自耦變壓器(圖16)。

假定被計算的儀器是用在 $U_2 = 120$ 伏的電源中，而這電源有時會降低至 $U_1 = 80$ 伏。儀器的消耗功率是 $P_{am} = 120$ 瓦，需要設計一只自耦變壓器以保證其正常工作。

1. 求自耦變壓器的係數 n （變壓係數）

$$n = \frac{U_2}{U_1} = \frac{120}{80} = \frac{3}{2}$$

2. 相當於普通變壓器的標準功率 P_m

$$P_m = 1.1 P_{am} \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 1.1 \times 120 \left(1 - \frac{2}{3} \right) = 44 \text{瓦。}$$

3. 變壓器鐵心的橫截面

$$S = 1.2 \sqrt{P_m} = 1.2 \sqrt{44} = 1.2 \times 6.65 = 8 \text{ 平方公分。}$$

4. 變壓器鐵心由鋼片疊合而成，其磁通密度約等於

$B = 10,000$ 高斯，因此線圈每一伏電壓的圈數為

$$w_0 = \frac{450,000}{BS} = \frac{450,000}{10,000 \times 8} \approx 5.6 \text{ 圈。}$$

5. 自耦變壓器線圈的全部圈數

$$w_2 = w_0 U_2 = 5.6 \times 120 = 672 \text{ 圈。}$$

6. 線圈的電源部分圈數

$$w_1 = w_0 U_1 = 5.6 \times 80 = 448 \text{ 圈。}$$

7. 線圈的電源部分的電流

$$I = \frac{P_m}{U_1} = \frac{44}{80} = 0.55 \text{ 安。}$$

因此其導線直徑應為

$$d_1 = 0.8 \sqrt{I} = 0.8 \sqrt{0.55} = 0.8 \times 0.74 = 0.595 \\ \approx 0.6 \text{ 公厘。}$$

8. 線圈的昇壓部分的線徑根據負荷電流計算，即

$$I_2 = \frac{1.1 P_{am}}{U_2} = \frac{1.1 \times 120}{120} = 1.1 \text{ 安。}$$

因此線圈昇壓部分的線徑

$$d_2 = 0.8 \sqrt{I_2} = 0.8 \sqrt{1.1} = 0.8 \times 1 = 0.8 \text{ 公厘。}$$

自耦變壓器初級電路的電流

$$I_1 = \frac{P_{am}}{U_1} = \frac{1.1 \times 120}{80} = 1.65 \text{ 安} = I + I_2 \\ = 0.55 + 1.1 \text{ 安。}$$

這樣，我們得到了製造一只自耦變壓器的全部必需數值。

3. 自耦變壓器的構造

a. 100 瓦的自耦變壓器

上面的例子求出了一只 100·200 瓦的自耦變壓器的主要數

值。我們還需要定出昇壓線圈的其他部分的數值（圖 2）；

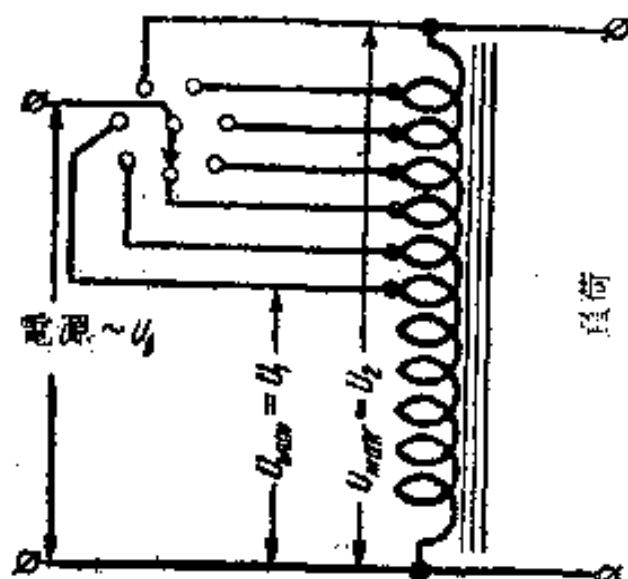


圖 2

在電源電壓變化時，一般來說，必須規定負荷電壓的調整範圍。如果每差 10 伏必須調整的話，那末線圈的昇壓部分每隔

$$w_0 \times 10 = 5.6 \times 10 = 56 \text{ 匝}$$

做一個抽頭。但是線圈的昇

壓部分共有

$$w = w_2 - w_1 = 672 - 448 = 224 \text{ 匝，}$$

所以應該共有

$$224 \div 56 = 4 \text{ 個抽頭。}$$

“禮砲牌”收音機的變壓器是現在最通用的，其鐵心截面等於 15 平方公分，由公式 (4) 得知，它約相當於 160 瓦的變壓器標準功率，或是 500 瓦的自耦變壓器。因此我們的自耦變壓器使用這種變壓器的鐵心，只用一半的鐵片就可以了。8 平方公分截面的鐵心，恰好等於 44 瓦的變壓器功率。

在缺乏現成的鋼片時，可以自行製造。此時計算自耦變壓器

的磁通密度，需要根據所用的鋼片種類來修正。例如用洋鐵片做鐵心時，其磁通密度不能大於 4000—5000 高斯。鐵片的厚度不能超過 0.35—0.5 公厘。

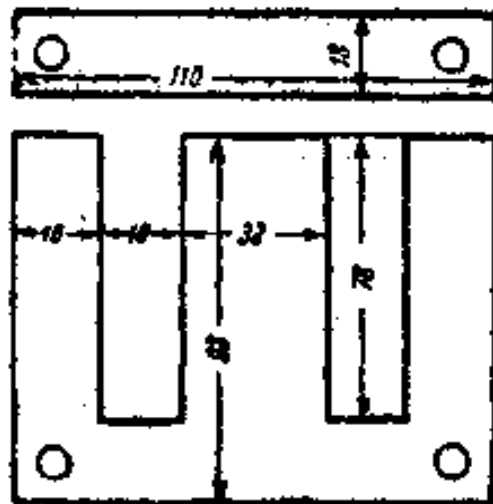


圖 3

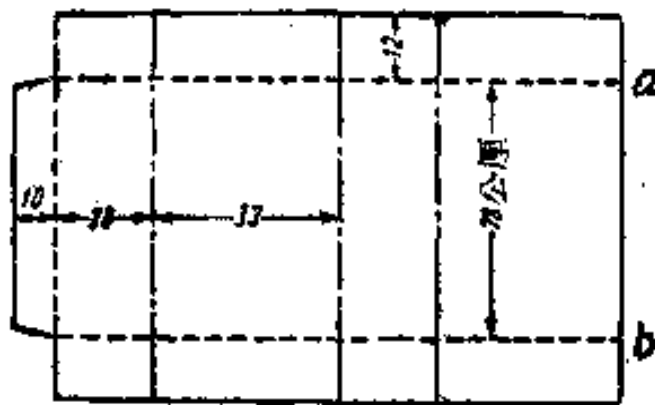


圖 4

爲了繞漆線圈，必須做一只線圈架。線圈架是由絕緣紙或厚紙黏貼而成，其大小尺寸如圖 4 所示。圖中實線表示需要切斷的，而虛線只表示用刀子切一條槽。槽的深度等於絕緣紙厚度的一半，圖中 *a* *b* 虛線需要在另外一面切槽。此後，再依圖 5 的式樣及大小剪出四塊，並依下列次序黏貼起來。把準備好了的絕緣紙片，按虛線的切痕摺起來，成爲一個四方形柱體，在兩端各有四

鐵片的式樣和大小如圖 3

所示。U形鐵片和長方形鐵片均具有兩個小孔，以便螺絲釘穿進去，把鐵片夾緊。100 瓦的自耦變壓器大約需要 U 形鐵片和長方形鐵片各 75—90 片。如果鐵片是由洋鐵片做成，那末這些鐵片必需投入熾熱的炭爐裏燒紅，然後將它們埋在熱的灰爐裏，讓它們慢慢地冷卻，把冷卻了的鐵片表面的鐵渣清除掉，每塊鐵片的一面貼一層香烟紙或塗上一層洋乾漆，再把鐵片一塊一塊疊成一個鐵心。

後將它們埋在熱的灰爐裏，讓它們慢慢地冷卻，把冷卻了的鐵片表面的鐵渣清除掉，每塊鐵片的一面貼一層香烟紙或塗上一層洋乾漆，再把鐵片一塊一塊疊成一個鐵心。

塊小邊。在這四方形柱體的兩端各套上一塊圖 5 的方塊，把小邊

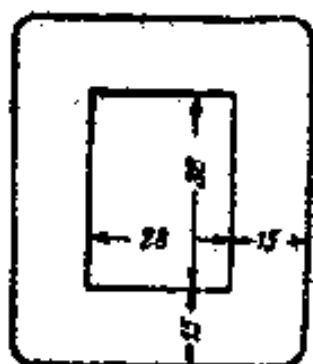


圖 5

疊起來與方塊黏牢。在小邊之間空出的地方用絕緣紙填滿，然後再把剩下的兩塊方塊黏在外面。這樣做成的線圈架有足够的強度用來繞捲線圈。做好了的線圈架，必須用細銼和沙紙把黏貼的接縫修齊，然後在其表面塗上膠漆，才能開始繞捲線圈。

始繞捲線圈。

線圈應該繞得很整齊，層與層之間須墊上一層紙或細麻布。必須注意，每一層線圈不要在兩邊陷落下去。

自耦變壓器線圈的抽頭必須特別注意，最重要的是要使各個抽頭彼此不能有偶然碰觸的機會。因此抽頭應由線圈架的兩旁引出。線圈的抽頭用銲接，銲接處必須很好地絕緣。抽頭用的接線要用適當截面的軟線，爲了節省線圈的位置，抽頭必須在靠近線圈外層的端點開始抽引。

接線頭可以做成環狀。

自耦變壓器的另一個重要部分是轉換開關。轉換開關的構造

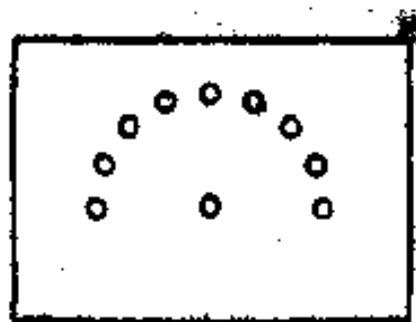


圖 6

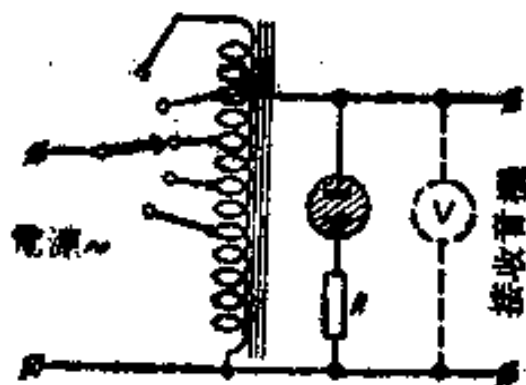


圖 7

需要根據已有的條件來做。最簡單的方法是用一塊絕緣板，板上按圓弧式樣裝置香蕉插孔和香蕉插頭（圖 6）。最方便的是用滑動開關。此時需要特別注意，在轉動開關時，不要使兩個相鄰的抽頭短路。所以在兩個抽頭的接點中間，裝上一個空的接點，開關上的滑動片和接點之間的接觸要良好，否則開關將會發熱。

對於 50 瓦以下的自耦變壓器，可以利用收音機上所用的開關，把其中的停止棒除去，以便滑動片能旋轉 360° 。至於較大功率的自耦變壓器，這種開關則不適用，因為由於滑動片與接點間的接觸強度不夠，在通過大量電流時就發生高熱，並且可能把開關燒燬。裝置開關的絕緣板可用硬橡皮製成，或萬不得已時，亦可利用放在石蠟中浸煮過的木板（櫟木、白樺木等）製成。

爲了以自耦變壓器來控制送給負荷的電壓，最好接上一只儀器——電壓表或霓虹燈等。沒有這種儀器，收音機的電子管可能燒壞，以致電壓大大地升高，可以把濾波電容器打穿。

任何 150—250 伏的交流電壓表都是控制電壓的最好儀器。因此附有氧化銅整流器的 4MIII 型 150 或 250 伏電壓表是適用的；在具有足夠準確的刻度時，這種電壓表的體積較小（直徑 83 公厘）。

電壓表是連接在自耦變壓器的輸出接線端子上。

沒有電壓表時，亦可採用霓虹燈來指示電壓，因為霓虹燈在正常電壓（127—220 伏）時將發亮。

接霓虹燈的方法是和接電壓表一樣，接在自耦變壓器的輸出接線端子上（圖 7）。電阻 R 必須選擇適當的數值，以降低多餘的電壓，使霓虹燈能準確地在 120 伏或 220 伏時發亮。

5. 萬用自耦變壓器

在第八次全蘇兩投無線電展覽中展出了 Э. П. 雅克桑（塔林城）的自耦變壓器（圖 8）。這只自耦變壓器之所以稱為萬用的，是因為它

- (1) 當電源電壓為 110—127 伏時，能供給正常的 220 伏電壓；
- (2) 當電源電壓為 220 伏時，能供給正常的 110—127 伏電壓；
- (3) 能在 220 伏電源電壓劇烈下降的情況下使用。

此外還配有

- (1) 電壓指示器——電壓表，它可以接入輸入電路，也可以接入輸出電路，指示使用儀器的正常電壓；
- (2) 可熔保安器——在短路時，用以保護自耦變壓器；
- (3) 保證次級電路的電壓正常——與自耦變壓器串聯的交流

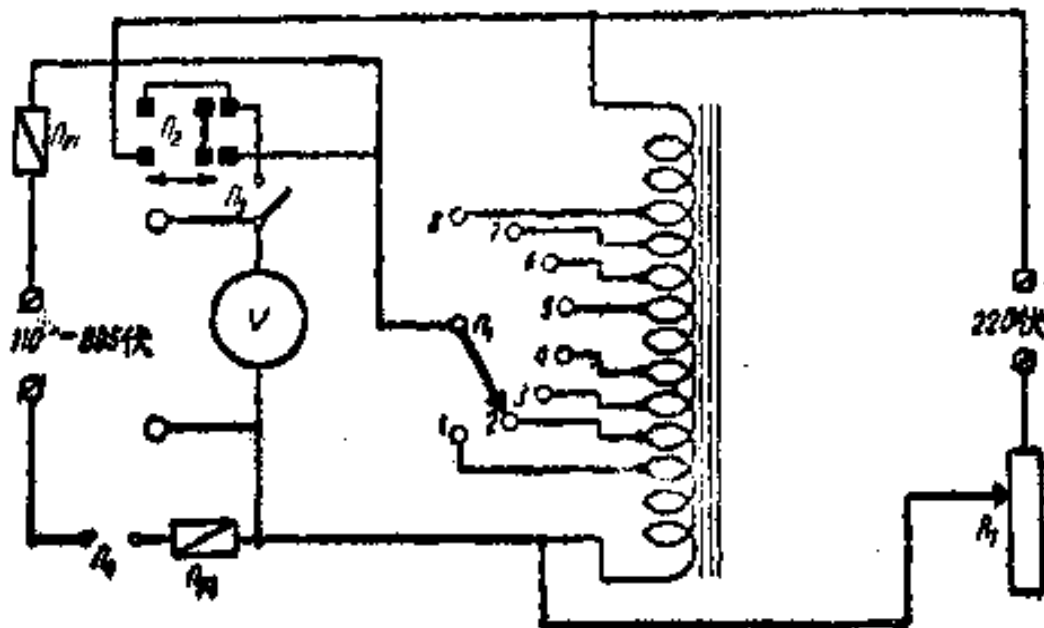


圖 8

電阻準確，開關牢固。

自耦變壓器的功率——100 瓦。

鐵心是由 0.5 公厘厚的 III—30 型鋼片疊合而成，總截面為 19 平方公分。線圈用 0.6 公厘直徑漆包線繞 990 圈。

線圈上有下列抽頭：

- (1) 第 495 圈等於 110 伏，
- (2) 第 571 圈等於 127 伏，
- (3) 第 652 圈等於 145 伏，
- (4) 第 742 圈等於 165 伏，
- (5) 第 787 圈等於 175 伏，
- (6) 第 832 圈等於 185 伏，
- (7) 第 877 圈等於 195 伏，
- (8) 第 922 圈等於 205 伏。

V —0—250 伏電壓表；

R_1 —線繞可變電阻，20 歐姆，10 瓦；

Π_1 —單刀八擲開關，1 安，250 伏；

Π_2 —單刀雙擲開關；

Π_3, Π_4 —普通開關；

$\Pi p_1, \Pi p_2$ —可熔保安器，1 安。

И. А. 彼格來夫（烏蘭烏特城）同志的自耦變壓器也在第八次全蘇無線電展覽會中展出，此變壓器專供電源電壓自 12 伏至 300 伏以獲得 1—300 伏的輸出電壓。這只自耦變壓器的簡單原理圖如圖 9 所示。

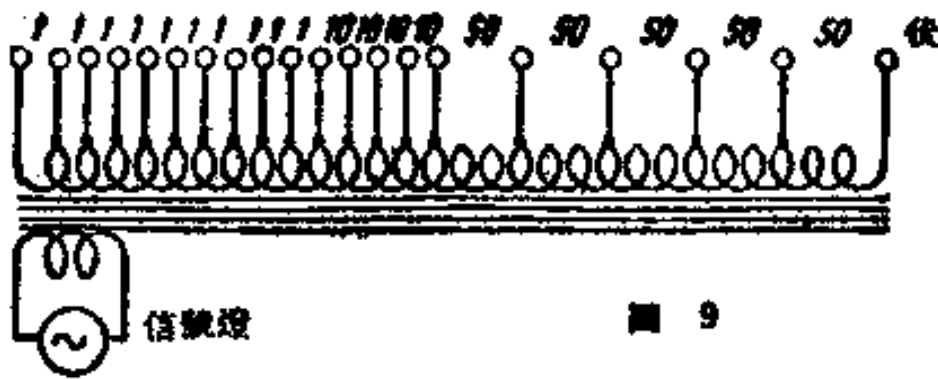


圖 9

它的電氣規格如下：自耦變壓器的鐵心由 0.35 公厘厚的變

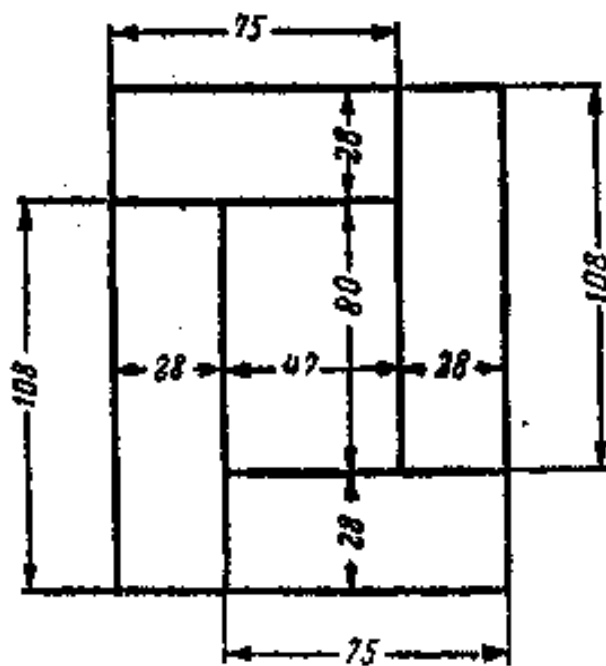


圖 10

壓器鋼片疊合而成。鐵心的大小如圖 10 所示。鐵心疊片的厚度是 45 公厘。所有的鋼片都貼上香煙紙。

變壓器的線圈裝在兩個同樣的線圈架上，此架用浸過洋乾漆的厚紙板做成。其尺寸大小如圖 11 所示。

變壓器的線圈每一抽頭都接到面板上部的一雙插孔。

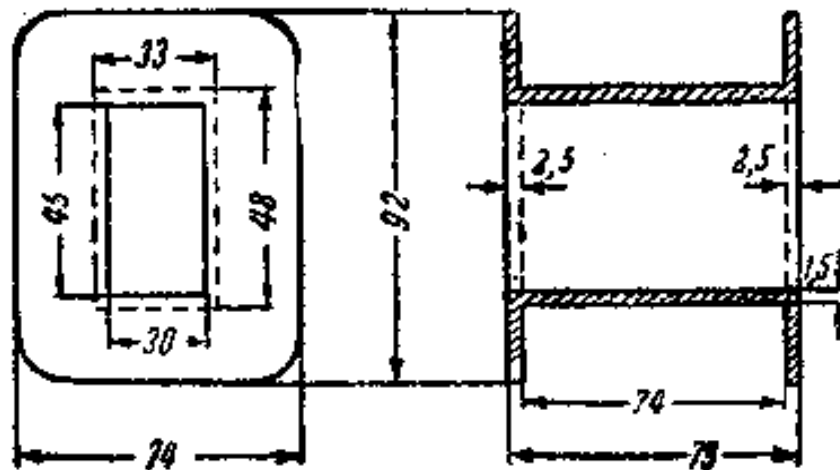


圖 11

上，線圈必須繞得整齊，每二層之間隔一張浸過蠟的絕緣紙。

鐵心用木板和穿釘夾緊。穿釘上裝置面板一塊，板上裝有香蕉插孔。面板下部裝置保安器和信號燈座，並在板上開一圓孔，以便於觀察信號燈。

自耦變壓器線圈數據

項 目	抽頭順序	抽頭距首圈圈數	線徑及牌號
1	起 端	0	0.86 ПЭЛ
2	1	4	" "
3	2	8	" "
4	3	12	" "
5	4	16	" "
6	5	24	" "
7	6	28	" "
8	7	32	" "
9	8	36	" "
10	9	40	" "
11	10	44	" "
12	11	84	" "
13	12	124	" "
14	13	164	" "
15	14	204	" "
16	15	404	" "
17	16	604	" "
18	17	804	" "
19	18	1004	" "
20	末 端	1204	" "

除上表所列外，再繞 8 圈（線徑 0.86 ПЭЛ）供給信號燈電源用。

4. 萬用電源收音機的自耦變壓器

萬用電源收音機用在 220 伏電源時，較用在 127 伏電源時為佳。

保證這種收音機在 220 伏電源正常工作，可以藉助於

$P_{\text{om}} = 60 - 65$ 瓦的轉換自耦變壓器。

因為此時變壓係數等於

$$n = \frac{220}{127} = 1.73,$$

所以變壓器功率

$$P_m = 1.1 P_{am} \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 65 \left(1 - \frac{1}{1.73} \right) \\ = 65 (1 - 0.58) = 27 \text{ 瓦。}$$

製造這只自耦變壓器需要 6.5 平方公分截面的鐵心，或可利用“禮砲牌” 6H-25、7H-27 型收音機的輸出變壓器鐵心。

初級線圈爲

$$w_1 = w_0 U_1 = \frac{450,000}{BS} \times 127 = \frac{450,000}{6.5 \times 10^4} \times 127 \approx 900 \text{ 圈，}$$

全部線圈等於

$$w_2 = 1550 \text{ 圈。}$$

在 27 瓦時線圈內的電流爲

$$I_1 = \frac{P_m}{U_1} = \frac{27}{120} \approx 0.23 \text{ 安，}$$

$$I_2 = \frac{P_a}{U_a} = \frac{65}{220} \approx 0.3 \text{ 安，}$$

線徑等於

$$d_1 = 0.8 \sqrt{I_1} = 0.8 \sqrt{0.23} = 0.8 \times 0.48 = 0.59 \approx 0.4 \text{ 公厘。}$$

。

$$d_2 = 0.8 \sqrt{I_2} = 0.8 \sqrt{0.3} \approx 0.8 \times 0.55 \approx 0.44 \text{ 公厘。}$$

導線最好採用漆包線。

繞線圈時，每隔兩、三層墊上一、二層紙，線圈按圖 12 線路聯接。抽頭應按正確的圈數抽出。抽頭的接法是否正確，可以用 220 伏的電燈泡、電壓表或接上自耦變壓器之後看

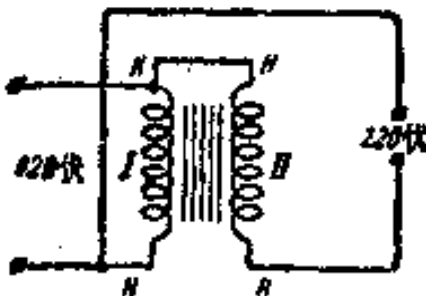


圖 12

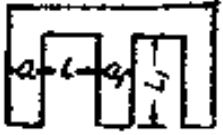
收音機（當然收音機是用 220 伏電源的）的工作情況來檢查。

自耦變壓器數據表 (附表一)

功 率 (瓦)	鐵 片 面 積	每 伏 圈 數	線 圈 數						220 伏								
			120 伏			最高電壓			最低電壓			正常電壓			最高電壓		
			最低電壓	正常電壓	最高電壓	最低電壓	正常電壓	最高電壓	最低電壓	正常電壓	最高電壓	最低電壓	正常電壓	最高電壓	最低電壓	正常電壓	最高電壓
			$U_{min}=80$ 伏	$U=120$ 伏	$U_{max}=150$ 伏	$U_{min}=146.5$ 伏	$U=220$ 伏	$U_{max}=238$ 伏	$U_{min}=146.5$ 伏	$U=220$ 伏	$U_{max}=238$ 伏	$U_{min}=146.5$ 伏	$U=220$ 伏	$U_{max}=238$ 伏	$U_{min}=146.5$ 伏	$U=220$ 伏	$U_{max}=238$ 伏
			0-80 伏部分	80-120 伏部分	120-150 伏部分	0-146.5 伏部分	146.5-220 伏部分	220-238 伏部分	0-146.5 伏部分	146.5-220 伏部分	220-238 伏部分	0-146.5 伏部分	146.5-220 伏部分	220-238 伏部分	0-146.5 伏部分	146.5-220 伏部分	220-238 伏部分
			圈數	線徑	圈數	線徑	圈數	線徑	圈數	線徑	圈數	線徑	圈數	線徑	圈數	線徑	圈數
50	4.9 III-20	12.3	984	0.55	492	0.47	123	0.41	1800	0.23	900	0.35	222	0.51	1800	0.23	900
75	6.0 III-20	10.0	800	0.41	400	0.57	100	0.49	1465	0.29	733	0.41	180	0.38	1465	0.29	733
100	6.9 III-24	8.7	696	0.47	348	0.64	87	0.57	1275	0.38	638	0.47	157	0.41	1275	0.38	638
150	8.5 III-24	7.1	568	0.57	284	0.8	71	0.69	1040	0.41	520	0.59	128	0.51	1040	0.41	520
200	9.8 III-24	6.3	504	0.64	252	0.93	63	0.8	924	0.47	462	0.69	114	0.59	924	0.47	462
300	12.0 III-30	5.0	400	0.8	200	1.12	50	1.0	733	0.59	367	0.83	90	0.72	733	0.59	367
500	15.5 III-30	3.9	312	1.04	156	1.45	39	1.3	572	0.74	286	1.08	70	0.96	572	0.74	286

1. 鐵片面積單位為平方公分; 線徑單位為公厘。
2. 鐵片的面積是根據磁通密度 6000—7000 高斯計算的。

標準 III 型 鐵 片 表 (附表二)

程 式 	中心寬度	a_1 (公厘)	外磁寬度	a (公厘)	窗口長度 L_1 (公厘)	窗口寬度 L (公厘)	附 註
III-15		15	9		50	16	窗口面積 $L_1 \times L$ 可 能稍有變 更
III-19		19	11		60	17	
III-20		20	11		62	20	
III-25		25	13		70	25	
III-30		30	16		80	30	
III-32		32	18		90	38	

磁 性 材 料 數 據 表 (附表三)

程 式	表示符號 (按全蘇 標準)	比 重	渦流及磁 滯損失 ($P_0 + P_2$) 瓦特/千週	電阻係數	最大磁 通密度 每公分 圈數 安匝	最大磁通 密度 高斯
電機鋼 0.55公厘	Ct. A.	7.8	3.0 - 3.5	0.2 - 0.4	1.5 - 3	6000-8000
特製電機鋼 0.5公厘	Ct. C.	7.65	2.0 - 3.5	0.3 - 0.5	2 - 3.5	7000-9000
變壓器鋼 0.35公厘	Ct. T.	7.55	1.5 - 1.6	0.3 - 0.5	2 - 4	8000-10000
洋鐵片	-	7.7	4.0 - 5.5	0.11	0.8	14000-5000
變壓器鋼 0.55公厘	Ct. T.	7.55	1.6 - 1.75	0.3 - 0.5	2 - 4	8000-10000

附註：由於各工廠出品種類稍有不同，上表所列僅為近似值。