

有线广播技术参考资料(6)

改装电动机 成为发电机的方法

吉林省广播事业管理局

人民邮电出版社

改裝电动机成为发电机的方法

吉林省广播事業管理局

去冬今春，我省許多县站为在农村大力發展广播喇叭，又建立起許多座放大站。有好几座放大站和所在地的發电站一起建設，这个电站还供給当地居民照明和工厂动力用电。因發电机不好买，有些站的發电机是利用旧电动机改裝的。

这样不但解决了無电源地区在建立發电站中購買發电机的困难，而且利用电动机改裝的价格便宜。現將改裝的簡單方法介紹如下。

一、那些电动机可改做發电机

电动机的种类可分：

(1) 直流电动机。

(2) 交流电动机——就其結構的不同，大致又分成：鼠籠式感应电动机、繞綫轉子式感应电动机（分二相的、三相的等等）、同期电动机和單相电动机等几种。

这些种类的电动机中，除轉子导体用金屬鑄成的鼠籠式电机外，一般都易改裝成交流發电机，只是变动部位和繁簡程度稍有不同，直流电动机和交流同期电动机在作發电机用时，不需变更其結構。

現將改裝三相繞綫轉子式感应电动机的簡單方法介紹如下。

二、改裝前必須了解各項数据

需詳細了解旧电动机結構，可从二方面着手：

(1) 从名牌上了解电机型式及規格，并記錄如表1

表 1

型 式	×××电动机	周 率	C/S
馬 力(*)	HP	速 率	R.P.M
电 压	V	定子繞組接續	形
电 流	A		

(*)“馬力”欄內，有些电机写电功率(KVA)。

(2)測量定子及轉子各部份尺寸，了解定子（必要时需了解轉子）繞組結構：

第一、測量各部尺寸，并記錄如表 2

表 2

		定 子	轉 子
長 度		公分	公分
外 徑		公分	公分
內 徑		公分	公分
空 隙	數 量	个	个
	長 度	公分	公分
繞 槽	數 量	个	个
	尺 寸		
每 槽 導 体 數		根	
導 体 股 數 及 直 徑		股公厘	
定子与轉子間空 隙			
定 子 繞 組 接 續			

第二、了解定子繞組結構是为了帮助認識和分析繞組結構，現

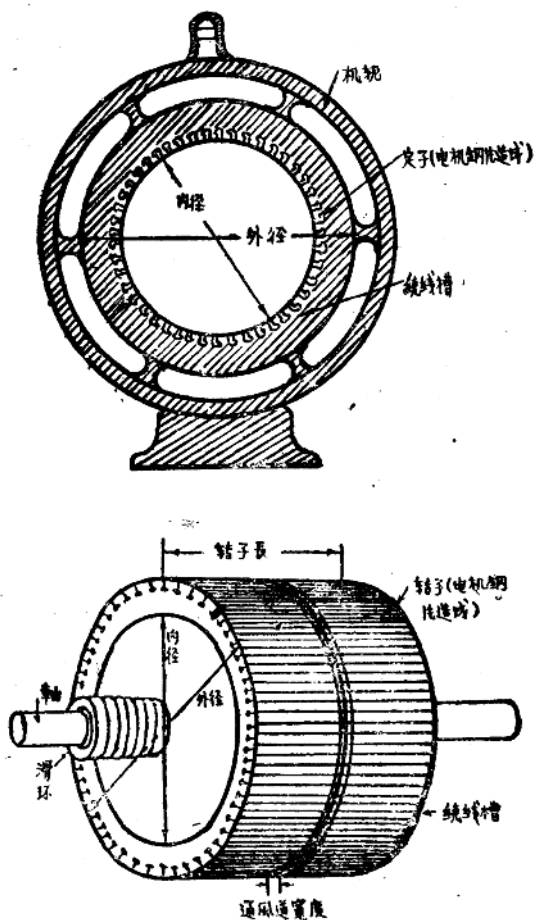


圖 1 繞核轉子式感應電動機尺寸圖

將改裝过的三个电动机定子繞組結構示于圖 2 中。

計算前除应知道(1)項各数据外,并須确实查明定子各相繞組的排列情况,按圖 2 方式繪出繞組的布置及連接圖。通过这一步驟,就能掌握計算中必須用到的定子繞組的导体总数、每相串联的导体数、極数、每相每極所占的槽数和导体数,以及極距、节距等数据。

如果我們改裝的电动机無名牌,虽然有些性能不知道,但只要第(2)項内容掌握后,仍能进行計算与改裝。

三、繞綫轉子式感应电动机改裝为交流發電机的变动部位

它的定子繞組完全不变动,直接用作發電机的發電繞組;原有轉子上的繞組需拆除,利用原有綫槽新繞發電機用的磁極繞組(改成旋轉磁場式的交流發電机),激磁电流由另一激磁發電机經原滑环引入。

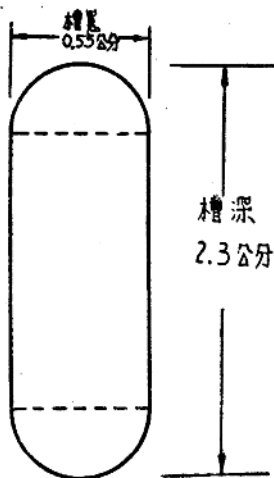


圖 3

四、通过实例介紹計算步驟

某广播站改裝的电动机,从名牌上了解到額定功率 = 36.8 千瓦,电源电压 = 220 伏,綫路电流 = 116 安,定子繞組的結構如圖 2a 所示,各部尺寸列于表 3 中,定子繞組原作三角形接續,現拟改做三相电压为 220 伏的交流發電机(見表 3)。

(1) 計算每个磁極額定磁、通量 Φ :

穿入發電繞組(定子上的)的磁通 Φ'

可应用下式:

$$\Phi' = \frac{E \cdot 10^8}{2.22 K_b K_p Z f}$$

式中: E ——發電機每相輸出電勢(有效值)、伏

f ——電源周率、周/秒;

Z ——每相串聯之導體數;

K_b ——帶幅因數(查表4);

K_p ——節距因數(查表5)。

為加入漏磁的影響,磁極產生的磁通、須較穿入發電繞組的磁通為多,一般按增加10%計算,即每個磁極額定磁通量 Φ 為:

$$\Phi = (1 + 10/100)\Phi' = 1.1\Phi'$$

表 3

		定 子	轉 子
長 度		15.7公分	15公分
外 徑		52.4公分	外徑—內徑 10.1公分
內 徑		53.0公分	圓 周 長 109.4公分
通 風 道	數 量	1個	1個
	寬 度	0.7公分	0.76公分
繞 槽	數 量	60個	84個
	尺 寸		如圖3
每 槽 導 體 數		6根	
導 體 股 數 及 繞 徑		2股3.6 mm	
定子與轉子間空氣隙		0.605公厘	
定 子 繞 組 接 續		△形	

發電機相鄰磁板間的距離稱為極距,繞組元件(如圖4)兩有效邊相隔的距離叫節距,它們常用所占槽的多少來表示,節距小於極距的繞組,稱為部分節距繞組,其節距(百分數) $P = \frac{\text{節距(槽數)}}{\text{極距(槽數)}}$ 。比如某發電機每極有6槽,繞組元件兩有效邊相隔

數種典型繞組的帶幅因數表 K_p

表 4

每相每極槽數	單相	二相	三相
1	1.000	1.000	1.000
2	0.707	0.924	0.966
3	0.667	0.910	0.960
4	0.653	0.907	0.958

發電繞組在各種節距時的節距因數 K_p

表 5

節距 (P)	1	9/10	6/7	5/6	4/5	3/4	2/3
K_p	1	0.988	0.974	0.966	0.951	0.924	0.866

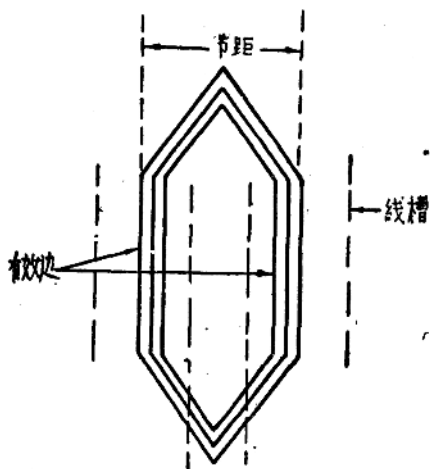


圖 4 繞組元件

5 槽則 $P=5/6$ 。

部分节距繞組的电势小于全节距繞組的电势，二者之比叫做节距因数(K_p)。 K_p 与 P 之关系表示于下：

$$K_p = C_{\alpha_s} \frac{180^\circ(1-P)}{2}$$

用上述公式計算上例

已知： $f=50$ c/s, $E=220$ V

每相串联的导体数 Z 为(見圖 2a)：

$$Z = \frac{\text{槽数} \times \text{每槽导体数}}{\text{相数}} = \frac{60 \times 6}{3} = \frac{360}{3}$$

=120, 因三相發電机每相每極 3 槽时, $K_{b1}=0.96$, 4 槽时 $K_{b1}=0.958$,

据圖 2a 所示的繞組結構可采 $K_b=0.958$,

定子繞組基本上是全节距, $\therefore K_p=1$

故穿入發電繞組的磁通 Φ' 为：

$$\begin{aligned} \Phi' &= \frac{E \cdot 10^8}{2.22 K_b K_p Z f} = \frac{220 \times 10^8}{2.22 \times 0.958 \times 1 \times 120 \times 50} \\ &= 1.7245 \times 10^6 \text{ 綫} \end{aligned}$$

及每磁極額定磁通量 Φ 为：

$$\Phi = 1.1 \times \Phi' = 1.1 \times 1.7245 \times 10^6 = 1.896 \times 10^6 \text{ 綫}$$

(2) 計算轉子磁極所需的磁动势(安匝)：

先核对各部分鉄心是否在磁飽和状态下工作。

發電机定子和轉子均由“电机銅片”造成，其飽和磁通密度一般可按 12.5×10^3 綫/公分² (或約 80×10^3 綫/吋²) 考虑(圖6)。

① 定子——已知定子的外徑=52.4公分，內徑=35公分，長=15.7公分，通風道(一个)寬度为0.7公分。

故定子断面面积为：

$$\frac{\text{外徑}-\text{內徑}}{2} \times \text{長度 (有效的)} = \frac{524-35}{2} \times (15.7-0.7) =$$

$$= 8.7 \times 15 = 130.5 \text{ 公分}^2$$

從圖 5 看出，由磁極發生的磁通至定子內部分成二路，故定子磁通為 $\Phi'/2 = 0.86225 \times 10^6$ 綫

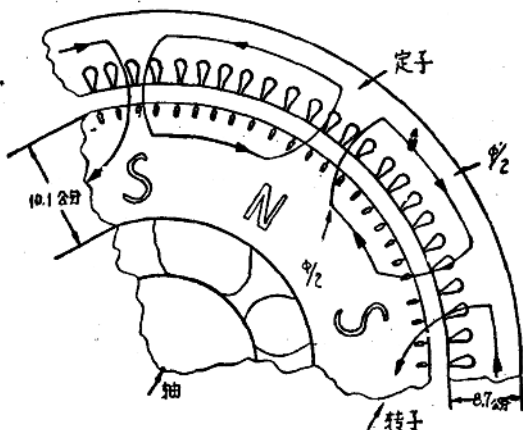


圖 5

故定子的理論磁通密度為 $\frac{\Phi'}{2} \div \text{斷面積} = \frac{0.86225 \times 10^6}{130.5}$

$$= 6.61 \times 10^3 \text{ 綫/公分}^2$$

為計入定子綫槽及疊片間空隙影響（使實際的斷面積減小），此值須增加 25% 左右，故定子的實際磁通密度為：

$$6.61 \times 1.25 = 8.26 \times 10^3 \text{ 綫/公分}^2$$

②轉子——因轉子鉄心未改（未挖成凸出式磁極），故其實效斷面積較大，其值為：

$$10.1 \times (15 - 0.76) = 144 \text{ 公分}^2$$

$$\begin{aligned}\text{实际磁通密度} &= 1.25 \times \frac{\Phi/2}{\text{断面面积}} = 1.25 \times \frac{948 \times 10^6}{144} = \\ &= 8.235 \times 10^3 \text{ 线/公分}^2\end{aligned}$$

以上二数值均小于电机钢片的饱和磁密(12.5×10^3 线/公分²)。发电机要求在磁性饱和状态下工作，因当承受负载后将有电枢反应产生；且其中一部分有去磁作用，若铁心未在磁饱和下工作，则去磁作用将使穿入发电绕组的磁通减低，从而减低发电机的输出电压与使之运转不稳定。但电动机无这种要求，不宜在磁饱和下工作。

将电动机改做发电机，如果发电绕组电压不升高时（绕组电压的高低与其绝缘强度有关，不可轻易升高），可不作上项计算即可确知其铁心在磁饱和点以下工作，这将使输出电压受负载变动的影响（是一缺点），但经验证明，这种影响并不严重。

（3）计算空气隙断面面积及其磁通密度

一般计算式：

空气隙断面面积 = $0.64 \times \text{极距} \times \text{定子有效长度}$ 式中：0.64为气隙磁通的分佈因数

$$\text{极距} = \frac{\pi \times \text{定子内径}}{\text{极数}}$$

$$\begin{aligned}\text{故 气隙断面面积} &= 0.64 \times \frac{\pi \times 35}{6} \times (15.7 - 0.7) = 0.64 \times \\ &\times 18.36 \times 15 = 176.3 \text{ 公分}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{及 气隙磁通密度} &= \frac{\text{每个极的磁通}(\Phi)}{\text{气隙断面面积}} = \frac{1.896 \times 10^6}{176.3} = \\ &= 10.75 \times 10^3 \text{ 线/公分}^2\end{aligned}$$

（气隙磁通密度、通常约在7000—9500线/公分²）

（4）计算转子上每个磁极所需的安匝数：

发电机每个磁极产生的磁动势，绝大部分消耗在定子与转子间的空气隙内，因此计算安匝数的简便方法是先算出气隙的安匝数，

然后按該值增加5—8%即略得每个磁極需要的数值，这样算能避免了对定子和轉子磁路內消耗的安匝数的繁杂的計算。

电机的空气隙長度很小（尤其电动机），測量不太方便，不易量精确，但这个数值很重要，仍应尽量想法使之可靠。千分垫測量空隙長度較方便。为計及定子，轉子上齿及槽的影响，計算时采用的数值要大点才好。

空气隙的安匝数与气隙处的磁通密度及其有效長度成正比，即
 空气隙安匝数 = $0.796 \times \text{气隙磁密} \times \text{有效長度}$ 。

已知空气隙長度 = 0.605 公厘（用千分垫測量）計算时的有效長度采用 0.9 公厘（或 0.09 公分）

故气隙安匝数 = $0.796 \times 10.75 \times 10^3 \times 0.09 = 770$ 安匝

故每个磁極所需的安匝数

$$= (1 + 5/100) 770 = 1.05 \times 770 = 809 \text{ 安匝}$$

定子和轉子鉄心磁路內的安匝数的計算法，是依次求出各部分的断面面积磁通密度后，由圖 6 查出各部分的每公分安匝数，再將每公分安匝数乘以磁路長度（該部分的）即得。

举例：已知定子的磁通密度为 8.26×10^3 綫/公分² 由圖 6 查得每公分的安匝数約为：

$$3 \text{ 安匝/吋} \times 0.394 = 1.182 \text{ 安匝/公分}$$

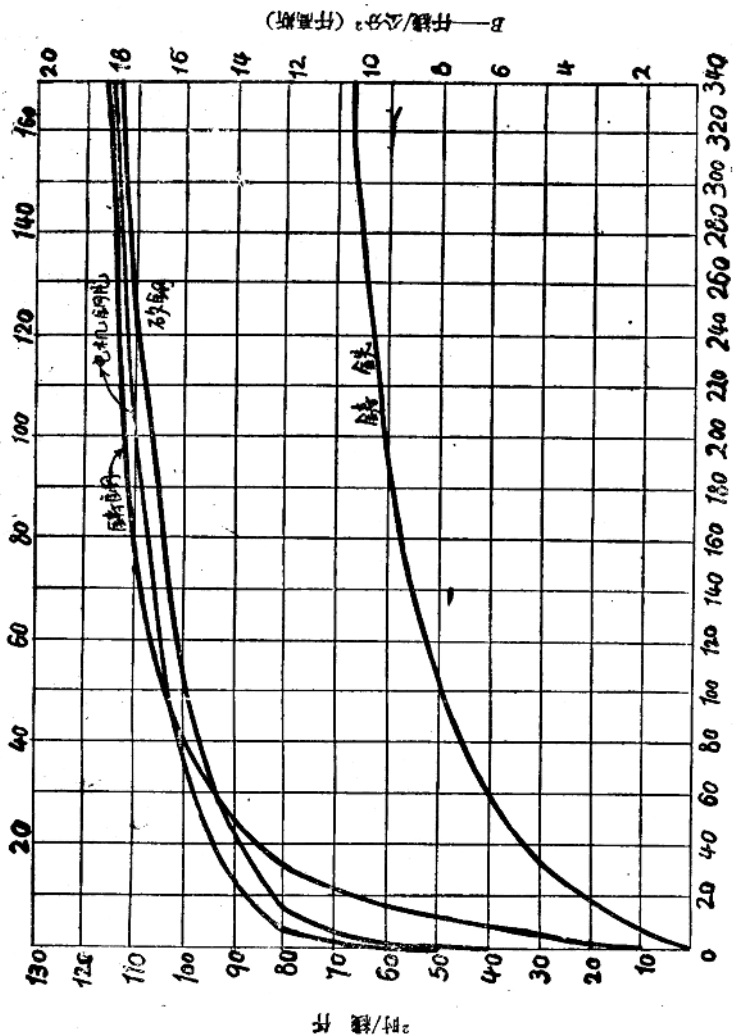
$$\approx 1.2 \text{ 安匝/公分}$$

定子上每極磁路長度約为：

$$\frac{\pi \times \text{定子平均直徑}}{\text{極 数}} + \text{定子鉄心厚度}$$

$$\begin{aligned} \text{即 磁路長} &= \frac{\pi \times \left(\frac{52.4 + 35}{2} \right)}{6} + 8.7 = \frac{\pi \times 43.7}{6} + 8.7 \\ &= 31.6 \text{ 公分} \end{aligned}$$

H—奧 (吉柏/公分)



安匝/吋 (或0.394安匝/公分)

圖 6 電機鋼片磁化曲線

故定子所需安匝数 $1.2 \times 31.6 = 37.9$ 安匝

同理亦可將轉子磁路內所需安匝数求出。

因每个磁極的磁路在定子和轉子上均有二支路并联，故每支路所需的安匝数即总磁路所需的，又因每一磁路皆穿过两个相鄰的磁極，而每極都有激磁繞組，故將总安匝除以即得每个磁極之安匝数。

由此得每个磁極所需的总安匝数等于

$$\text{气隙安匝数} + \frac{\text{定子安匝} + \text{轉子安匝}}{2} = (1.05 - 1.08) \text{气隙安匝数}$$

五、轉子上激磁繞組的匝数和綫徑的确定

表 6

綫 号 (SVG)	銅綫直徑 (公厘)	安全电流 (安) (500圓米耳 一安为准)	双層紗包綫每 平方公分各号 綫 的 根 数 (近似值)	1000公尺电阻 近 似 值 (Ω) (25°C)
12	2.64	21.62	10.9	3.34
13	2.34	16.93	14	4.23
14	2.03	12.8	17	5.32
15	1.83	10.37	22	6.59
16	1.63	8.18	28	8.45
17	1.42	6.27	35	10.66
18	1.22	4.61	43	13.44
19	1.02	3.2	59	21.53
20	0.91	2.59	77	26.92
21	0.813	2.048	92	33.93
22	0.711	1.567	116	42.78
23	0.610	1.152	140	53.96
24	0.559	0.968	166	68.1
25	0.508	0.8	196	85.77
26	0.457	0.64	230	110.4
27	0.417	0.54	270	136.4

在計算繞組匝數前，須先考慮繞組用何種綫和按何種電流標準選用導綫。根據經驗，繞組可用雙層紗包銅綫，以及按“500圓米耳綫徑容載1安電流”的標準選用綫號（定子繞組一般按700圓米耳通過1安電流選用）見表6。

上面已計算出每個磁極所需的安匝數為809安匝，這個數值是每個繞組的匝數和流經的電流值的乘積。上式二個因素能互補，即假定激磁繞組匝數因容繞面積所限不能繞制較多匝數時，可增大激磁電流，和當激磁電流因激磁機電流容量所限不能再增大時，可用增多繞組匝數的方法來滿足所需磁動勢值，當然考慮時尚須注意到導綫的電流量，不能超過由表6所給的安全電流值。

已知轉子上有綫槽84個而每個磁極有 $\frac{84}{6}=14$ 槽，激磁繞組繞制情況如圖7所示，每槽的尺寸示於圖3，其斷面積為： $(2.3 - 0.55) \times 0.55 + \pi \left(\frac{0.55}{2} \right)^2 = 0.962 + 0.2373 = 1.2 \text{公分}^2$

設絕緣物占該面積的35%則容繞導綫的實效面積為 $1.2 \times 0.65 = 0.78 \text{公分}^2$

查表6暫選用SWG 17雙層紗綫計算，它的綫徑=1.42公厘，安全電流=6.27安。

每平方公分可放置35根，每1公里長的電阻為10.66歐。因此，每槽能放置導綫 $0.78 \times 35 = 27.3$ 根或27根。

每極可繞匝數為：

$27 \times 14/2 = 27 \times 7 = 189$ 匝，此時欲產生809安匝之磁動勢所需的激磁電流為：

$$809/189 = 4.276 \text{安}$$

此值小於該綫的安全電流（6.27安），故可用。

如轉子綫槽系半開口槽或閉口槽，導綫不能由開口處直接放入而需插入時，槽內放置的導綫數可能會減少（最後幾根不易插入）。

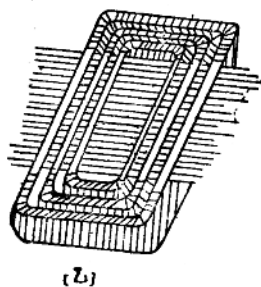
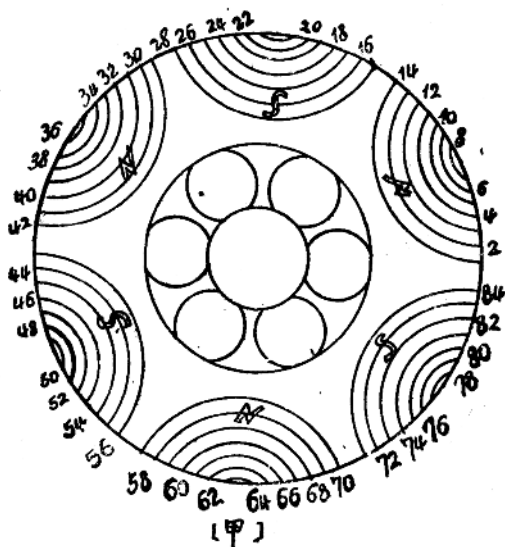


圖 7 轉子磁極(6个)的繞制

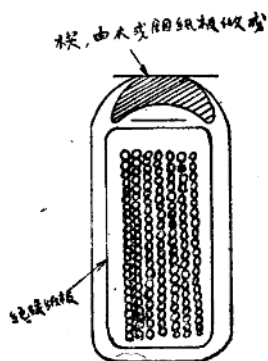


圖 8 繞組的絕緣與固定

但是，每槽至低不能少于以下算出的数值：

$$809 / (6.27 \times 7) = \frac{809}{43.85} = 18.45 \approx 19 \text{ 根}$$

結論：激磁繞組可用 SWG 17 雙層紗包銅綫，每槽放置導綫為 27 根（至低不能少于 19 根），激磁電流約 4.276 安，（至多不能超出 6.27 安）。

六、激磁用直流發電機規格的確定

（1）額定電流：應等于最好宜較大于交流機所需的激磁電流，即應大于 4.279—6.27 安（具體數值視每槽實際放的導綫數而定）設採用 7 安。

（2）額定電壓：計算電壓前須先知道繞組總電阻（各極繞組的接續可採用串聯或并聯法，一般宜作串聯）最簡單方法是在繞成后用精確電阻表測量得知，但亦可通過計算予先求出，以便事先知道激磁電壓。計算步驟如下：

求導綫長度：

導綫每匝的平均長度約為（如圖 9）

$$2 \left(1.66a_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} \right) = 2 \left(1.66 \times 15 + \frac{19}{2} \right) = 2 (24.9 + 9.5) = 68.8 \text{ 公分} = 0.688 \text{ 公尺}$$

如照上面計算每極繞 189 匝則 6 個激磁繞組共繞 $189 \times 6 = 1134$ 匝。

折合長度為 $1134 \times 0.688 = 780$ 公尺，若 6 個繞組串聯接續，則總電阻為：

$$\frac{780 \times 10.66}{1000} = 8.3 \text{ 歐}$$

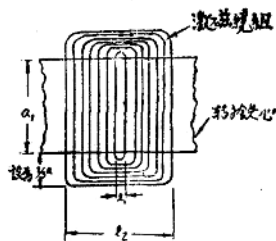


圖 9