

电世界信箱选集

(电动机)



上海科学技术出版社

目 录

一、电动机的構造	1
(1) 轉子槽数与定子槽数的关系	1
(2) 槽口为什么宜斜列	1
(3) 电动机的風扇如何設計	2
(4) 电动机的气隙如何測量	2
二、电动机的繞組和联接	3
(1) 三相繞組的起点, 可否相差 120 度	3
(2) 一个三相定子繞組	4
(3) 双速电动机的联接	5
(4) 三相鼠籠式电动机的联接	8
(5) 什么叫做膚圈	10
(6) 双层繞組的电动机的用途	10
(7) 繞綫繞如何計算	11
(8) 拉綫圖机	13
三、鼠籠式感应电动机的特性	13
(1) 空載电流、滿載电流及最大启动电流的計算	13
(2) 綫圈电樞圓周上單位長度的載流量	13
(3) 短节距因数如何計算	14
(4) 轉子电阻	15
(5) 絕緣电阻	15
(6) 电动机的功率因数	16
(7) 电动机的效率	19
四、鼠籠式感应电动机的运用	21
(1) 电动机能否在低电压下运用	21
(2) 60 周电动机能否用于 50 周电源	23
(3) 启动电流过大有何影响	24
(4) 两只感应电动机能否同軸運轉	24
(5) 电动机能否連續过载	25

(6) 电动机的温升	25
(7) 电动机的寿命	28
(8) 双速电动机的运用	29

五、电动机的故障

(1) 电动机内嘶嘶作响	32
(2) 电动机内漏电现象	32
(3) 为什么电动机不能荷重	34
(4) 转子发热如何检验	35
(5) 定子线圈发热原因	35
(6) 定子短路如何试验	37
(7) 电动机运转时有噪声、振动很大	37
(8) 电动机启动时声音不正常	38
(9) 空载及启动电流不正常	39
(10) 电动机运转时三相不平衡	39
(11) 电焊机发热现象	41

六、电动机的修理

(1) 如何烘干电动机	42
(2) 鼠笼转子导体断裂	46
(3) 3000 伏电动机能否改绕为 300 伏	47
(4) 三相 220 伏电动机能否改绕为 380 伏	49
(5) 电动机改接后的运转状况	50

七、电动机的试验

(1) 如何试验电动机的效率	51
(2) 如何由试验计算电动机的特性	53
(3) 如何测试温升	54
(4) 耐压试验	54
(5) 电动机应检验那些项目	56
(6) 如何测定电动机的负荷	56

八、鼠笼式感应电动机的启动

(1) 降压启动	57
(2) 怎样才适用 Y- Δ 开关	58
(3) 利用吸铁开关改装的启动方法	59
(4) 启动变压器的容量	62
(5) 液体电阻启动器	63
(6) 遙控定时补偿器	65

九、双鼠籠式感应电动机67

- (1) 双鼠籠电动机的起动电流为何比單鼠籠式小 67
- (2) 双鼠籠式启动电流过大的原因 68
- (3) 双鼠籠轉子外层銅条断裂 68

十、滑环式感应电动机69

- (1) 滑环式的轉子电压 69
- (2) 滑环式的轉子电流 70
- (3) 轉子通入电流改变速率是否可能 71
- (4) 滑环式电动机 Y 改成 Δ 联接 72
- (5) 滑环式电动机启动电阻的計算 72
- (6) 滑环式电动机的调速电阻与启动电阻 76
- (7) 为什么启动滑环式电动机时有鎖住現象 78
- (8) 启动滑环式电动机的正确操作方法 79
- (9) 滑环式轉子鋼絲繩松开 80
- (10) 滑环式电动机作調压器用 81

十一、同步电动机82

- (1) 同步电动机增加勵磁电压的影响 82
- (2) 什么做磁阻功率 82
- (3) 同步电动机如何启动 83

十二、其他問題84

- (1) 直流电动机运转故障 84
- (2) 电車用电动机 87
- (3) 启动电容电动机 88
- (4) 三相調速电动机 90
- (5) 單相电容电动机的启动 91

一、電動機的構造

(1) 轉子槽數與定子槽數的關係

【問】三相鼠籠型電動機，轉子槽數及銅棒粗細如何決定？與定子關係如何？

【答】三相鼠籠式電動機轉子槽數必須比定子槽數較多或較少，一般轉子槽數等於定子的70~85%或115~130%，主要原因為避免互鎖以致不能啟動。至於銅棒粗細通常有下列限制，即轉子總銅截面積最小不得低於定子的50%，一般都在60%與80%之間。

(2) 槽口為什麼宜斜列

【問】電動機轉子的槽口為什麼須斜列而不宜直列？

【答】在感應電動機中，轉子之槽口有時用斜列的，槽口不同軸線平行。因磁力線都要循有齒的部分（有槽的部分空氣路長磁阻大磁力線不易穿過），尤其叢集在齒的兩邊緣。如果槽口是直的，當旋轉時，磁力線離前一齒而跳入後一齒，將前齒向後拉，後齒向前拖，於是齒即兩面振動，發為噹噹之聲。用斜槽時，則磁力線不是同時全由一齒跳經他齒，可減少齒之振動，而免除雜聲。

假使在直槽的情況，為簡單計，先假定轉子槽數和定子數目相同，這樣在圖1（甲）的情況下，氣隙磁通就呈現疏密懸殊的狀

态,电动机很容易“鎖住”在此位置而不起动。在图1(乙)情况则是气隙磁通均匀分布,在转动的时候,槽齿的密度就經常在(甲)(乙)两种情况中变化,所以杂音特响。若將轉子槽斜一个槽的位置,那末当这一头在(甲)种情况时,那一头就成为(乙)种情况,反之亦然,所以沒有鎖住現象,而杂音可減輕。

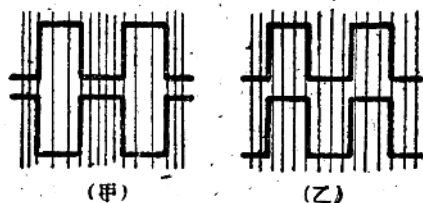


图 1

(3) 电动机的气扇如何設計

【問】 电动机冷却风扇之設計,如果已知所需每秒鐘风量,风扇外徑及轉速,請問风叶各部尺寸及叶数,如何求出?

【答】 电动机的冷却是一个复杂的问题,既不可能从风量、轉速等求出风叶的尺寸,因为风量和风道进出口有密切的关系;也不能尽从风量确定电动机的温升,因为通风方法、风道形状、电动机的結構等,都和冷却有关。所以适当的风叶,可参考他厂的形式和大小,以及风道进出口等,將自己的电动机用各种大小的风叶进行試驗,求出損耗最小冷却最好的风叶来。在設計电动机时要注意风道、进出口、通风方法,因为风扇不当,容易修改,风道、进出口和通风方法不当时,更改便困难了。

(4) 电动机的气隙如何測量

【問】 厚薄規怎样插入电动机的气隙处,在測量上下左右

的气隙,是否均匀一样?依我想法:测量气隙时,可以将要测量的电动机,放在車床上,將其定子和轉子位置都固定住,然后拆去两旁的盖子而插入厚薄規。这样办法不知是否对?假如对的話,那么大型的电动机又如何测量呢?

【答】 测量气隙的办法,严格來說,應該是电动机端盖裝上时量的,倘若端盖不拆下无法测量时,那末来信所說的办法,亦屬可用。但須注意定子和轉子間的相对位置有无因拆下端盖而发生变动。大型封閉式的电动机,在端盖上,以前都备有安插厚薄規的小螺絲孔。可將螺絲拆下,而將厚薄規(要比通常所見者为長,約在20吋左右)在小孔插进去,小孔地位因恰对气隙,故可由插規时的松紧情形,决定气隙須如何矯正。

二、电动机的繞組和联接

(1) 三相繞組的起点,可否相差120度

【問】 电动机三相繞組的起点,在每极每相的槽数是分数时,可否相差120度?

【答】 繞組的每相的起点和出綫头处要区别开来,三相繞組的出綫头处可以是120度的倍数,但起点只能互差120度。在每相每极的槽数是分数时,則不一定是互差120度。例如36槽8极的电动机,每极每相 $1\frac{1}{2}$ 槽,每槽占40度,在实际制造时不可能有半槽,只能用一相两槽一相一槽相間的方法,因此A相起点是第一槽,B相起点是第三槽,相差三槽为120度。但24槽6极的电动机,每极每相 $1\frac{1}{3}$ 槽,每槽占45度,两相相隔的槽数不能是分数,只能有时相隔两槽有时相隔3槽,使起点相差

90 或 135 度而不是 120 度。以上所指的度系指繞組相隔的空間電工度,這種度數是由所占空間地位不同而產生的。

(2) 一個三相定子繞組

【問】 有三相交流電動機一部, 7.5 馬力, 周率 50, 轉速每分 1440 轉, 電壓 220/380 伏, 接法 Δ/Y , 定子有 36 槽, 每槽有 SWG 17 號線 84 根, 分上下兩層, 每層有 42 根 (a) 定子繞圈如何連接? (b) 定子如為 24 槽, 轉速相同, 接法若何?

【答】 (a) 從來信所述, 可知這是 4 極的摺卷式繞圈定子, 共有 36 只繞圈。但沒有說明是一根 17 號線單繞或兩根并繞, 兩者接法不同, 茲分別答復如下:

(1) 兩根 17 號線并繞——在摺卷式繞圈的定子裏通常以每極每相的繞圈數叫做一連, 一連的繞圈數 = $\frac{\text{繞圈總數}}{\text{極數} \times \text{相數}} =$

$\frac{\text{定子槽數}}{\text{極數} \times \text{相數}}$, 屬於同一連的繞圈, 串聯在一起, 或同時連續繞出,

只有兩個綫頭留作接頭用。圖 2 之 (1) 中, 一連有 3 只繞圈, 除 A, B 兩綫頭外, 余均串聯 (或連續繞不出頭)。A, B 兩綫頭俗稱里綫頭和外綫頭, 假定電流方向是從 A 至 B, 可用一個箭頭表示。為了使接頭圖簡單清楚, 這一連繞圈可用圖 2 之 (2) 的一段圓弧代表。

在這一例子中, 一連有 $36 \div (4 \times 3) = 3$ 只繞圈, 共 $36 \div 3 = 12$ 連, 接法如圖 2 之 (3)。圖中 I, II, III 代表相序, 1, 2, ……11, 12 代表連序, 第 1, 4, 7, 10 連屬第 I 相, 2, 5, 8, 11 連屬第 II 相, 3, 6, 9, 12 連屬第 III 相, 箭頭代表接綫順序或電流方向。如從 $A_1 B_1 C_1$ 接進電源, 電流須分別沿箭頭方向前進至 A_0, B_0, C_0 , 相鄰的箭頭方向必須相反, 不能錯誤, 相序、連序、箭頭三者, 不但可以增加工作上的便利, 而且不易發生錯誤, 即使錯了也很容易校對出

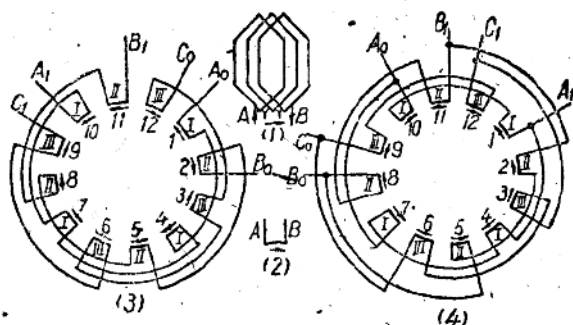


图 2

来, 将 $A_1, B_1, C_1, A_0, B_0, C_0$ 引出至接头板上, Y 接时, A_0, B_0, C_0 相连; Δ 接时, A_0 接 B_1, B_0 接 C_1, C_0 接 A_1 。

(2) 一根 17 号单绕——接头改为双路并。其他完全一样, 接法如图 2 之(4)。

(b) 接法和(a)完全相同, 但每速仅有 $24 \div (4 \times 3) = 2$ 只线圈。

(3) 双速电动机的联接

【问】 改修一具 10 马力笼型电动机, 漆包线绕组换过, 有六个线头, 并联试验不转, 接 Y 型试验(图 5); 内三线是 3000 转, 外三线是 1500 转, 其原理何在? 该机铭牌原是 2 极 36 槽, 经改

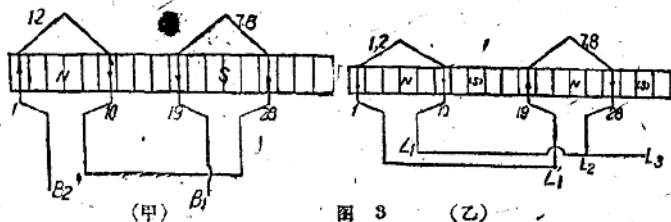


图 3 (乙)

接如图 4, 速度 3000 轉合用。

【答】 这只电动机的问题, 在于繞組改換沒有遵照二極繞組来做(36 槽电动机二極繞組; 綫圈节距为第 1~18 槽, 或第 1~17 槽), 而照着普通四極繞組的綫圈节距第 1~10 槽, 或第 1~9 槽的情形来繞。这样一来, 若位于电动机对徑两端地位的綫圈接得对的話(如图 3 的 1、2 和 7、8), 即就成为二極繞組(即 3000 轉), 如图 3 所示。若对徑兩端的綫圈联接改变, 如照图 5 情形, 外三綫 $L'_1 L'_2 L'_3$ 接至电源, 而將內三綫 $L_1 L_2 L_3$ 相并成为 Y 接法, 則图中的 1、2 和 7、8 都产生 N 极, 如图 3 (乙) 情形, 这样在两个 N 极中間产生两个庶极, 成为一具四極电动机(1500 轉)。如將图 5 中內三綫接电源, 而將外三綫相并成为 Y, 其結果位于对徑兩端綫圈不再属于同一相內。而鄰近的四組 11、12、1、2 成为一組, 当 L_1 相的电流最大时, 这四組綫圈的联合結果产生一个 N 极在 1 和 12 之間。 L_2 和 L_3 都是負值, 約为 L_1 电流的一半, 于是 L_2 在 9 和 8 之間产生 S 极, 而 L_3 則在 4 和 5 之間产生 S 极, L_2 、 L_3 联合的結果最后成为一个 S 极位在 6、7 之間。这样仍是一个二極繞組, 所以有 3000 轉速。

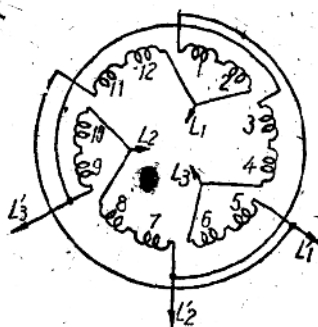
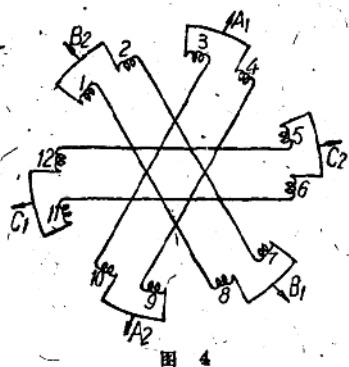


图 5

【問】 有一种电动机是双速度，共出头六个，每分鐘是3000/1500轉，开快車时，慢車头子需要联起来（慢車用不着相联）。还有一种双速度开快車慢車开关上并没有連起来（綫包同上亦是一层綫圈快慢車头子都通），这两种拼头有何分別？还有一种每分鐘1500/750轉的电动机（亦同上題），拼头方面又如何拼法？

【答】 普通双速度單层繞組的电动机，有两种拼头法：一种是單路Y（慢檔）双到双路Y（快檔），一种是單路 Δ （慢檔）变到双路Y（快檔），这两种联結法在开快檔时，都須联起三个头来。开快檔时三个头不相联的可能是双层繞組，Y接，两层繞組的Y头相联，因此六个头都通。

3000/1500轉/分和1500/750轉/分的变速电动机，拼头法是相同的，不过前者是2极/4极，后者是4极/8极。

【問】 我处有一只1馬力6极的鼠籠型电动机，380伏Y接，定子36槽、节距1~6槽，將它改为双速的联接，第一次是6极 Δ 接，12极双路Y接，通入220伏电压試驗，6极时空載电流为1.25安，与380伏Y接时相同，12极时达15安，而且起动无力。第二次改为6极双路Y接，12极时为 Δ 接，6极空載时有1.75安，較前增加0.5安（电压仍为220伏），12极时只通入125伏的电压，电流达20.5安，起动无力，轉速只有250轉/分左右，何故？

【答】 你的两次的联接的方法是不相同的。以6极的联接为例，第一次改为 Δ ，繞組的电压是220伏，外施电压与原設計相符，所以空載电流正常，但为380伏Y接时的1.73倍而不是相同。第二次改为双路Y，按原設計只能外施190伏的电压，而你用的是220伏，所以空載电流要增加。这一电动机原来綫圈

的节距近于满节距跨 $180 \times 5/6 = 150$ 电工度, 改成 12 极后跨 300 电工度, 一只线圈的两边在相同的极性下, 感应电压方向相反而相消了很大的部分, 使整个绕组内的感应电压很小, 所以空载电流很大而起动转矩很小。第二种接法转速更低电流更大的原因, 可能是由于只外施 125 伏的电压, 起动转矩更小, 使转速停留在 250 转/分左右, 电动机还在起动状态下, 所以电流更大。这种电动机是不能改为双速的。

(4) 三相鼠籠式电动机的联接

【問】(1) 三相鼠籠式电动机, 出 6 个头是为了 Y- Δ 起动的, 有許多电动机出 9 个头据說也是为了起动的, 不知如何联接?

(2) 还有出 12 个头的, 又是如何联接?

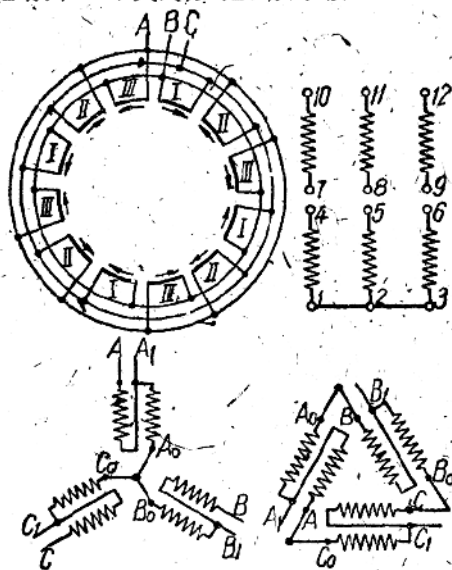


图 6

上右 并联 4~10, 5~11, 6~12, 7~3~9 串联; 串联 4~7, 5~8, 6~9 串联,

下左 Y 接 380 伏,

單路 Y A_0, B_0, C_0 相联 A, B, C 接电源,

双路 Y $A_0 \sim B_0 \sim C_0 \sim AB \sim C$ 相联 A_1, B_1, C_1 接电源,

下右 Δ 接 220 伏,

單路 Δ $A_0 \sim B_0, B_0 \sim C_0, C_0 \sim A_0$ 相联后接电源,

Δ 双路 $B \sim B_0 \sim C_1, C \sim C_0 \sim A_1, A_0 \sim A \sim B_1$ 相联后接电源。

【答】 (1) 电动机出 9 个头, 可以适应两种电压, 有时并能改变极数因此而变更转速, 图 6 上右, 电动机的绕组分成两部, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 等 9 个头接出, 并联时用于 110 伏 (或 220 伏) 电源, 串联时则用于 220 伏 (或 440 伏) 电源。图 6 下左的电动机绕组, 适用于 380 伏电源, 起动时單路 Y 联结, 极数增加一倍, 运转时双路 Y 联接, 速度增加一倍。这一只电动机用于 220 伏时, 便须改成图 6 下右的接法。起动时單路 Δ , 运转时双路 Δ 联接, 速度变化的情形和前者相同。

(2) 出 12 个头的有两种可能, 第一种是为了串联和并联, 例如图 6 的上右的 1, 2, 3 三个头也接出来, 不但能串联并联, 并且可以 Δ 接和 Y 接。第二种是为了变速, 有两层绕组四种速度, 每一层绕组的接法和图 6 下左的接法相仿, 但 A_0, B_0, C_0 在内部接好, 只出 6 个头, 两层绕组共有 12 个头, 改换联接是用一只特制的换极开关。

【問】 有十二个线头的电动机一只, 电压是 380/190 伏, 线头的排列为 1—1', 2—2', 3—3', 4—4', 5—5', 6—6' 相通。問并联及串联时如何联接?

【答】 十二线头的电动机, 其接法如下:

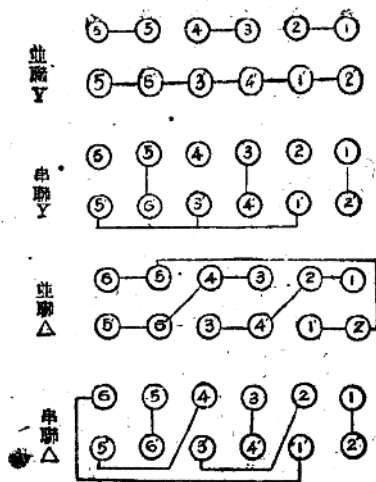


图 7

(5) 什么叫做膺圈

【問】 感应电动机内所置之膺圈，不知是什么意思？有膺圈者线圈数比槽数少，是不是该机的线槽空着？

【答】 所谓“膺圈”意指这个线圈仅仅用以填满空档地位，而并不发生任何电磁作用。这种情形发生于槽子数目不是相数的倍数时，例如说：一具三相马达其定子的槽数是 44，由于定子绕组三相必须要平衡，所以每相的线圈只数也应相等。我们既不能在 44 个槽内嵌入 45 只线圈，唯一的出路只有嵌 42 只线圈了。这样就多出 2 个线圈的空隙地位，因此就用“膺圈”来嵌入填满它。

(6) 双层绕组的电动机的用途

【問】 有一只电动机的转子绕组有二层，一层是籠形，一层

是波式繞組，據說定子也有二層，這種電動機有何用途，特性如何？

【答】 這種電動機很少見，從它的構造看，似乎也是為了變更速度。因為繞線式轉子的極數，不能隨定子極數的改變而變更，鼠籠式轉子的極數可隨定子極數變更。所以這一隻電動機在低速度時，似應將轉子的波形繞組層開路，高速度兼用波形繞組層（速度高時馬力也隨之增加），並且加入電阻，還可增加起動力，在兩級速度間將速度加以調節。

(7) 繞線模如何計算

【問】 在繞制電動機線圈時，必須制繞線模（木型），不知用何計算方法，才能使繞成後線圈嵌入槽內時，合乎定子磁鉄槽數之跨距，和磁鉄圓周之弧度，請把詳細制型方法舉例說明。

【答】 雙層六角形的電動機線圈尺寸，如圖 8 所示，可根據下列公式計算：

$$S = \frac{\pi(D+d)}{N} \times P$$

式中 D ——定子矽鋼片的內徑；

d ——槽的深度；

N ——定子槽數；

P ——線圈的節距，以槽數表示。

L ——定子矽鋼片長度。

G ——槽口以外直線部分的長度，視電壓的高低而定，500 伏以下的電動機， $G=10\sim 18$ 毫米。

$$B = \frac{S}{2} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = \frac{S}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{b}{t}\right)^2}}$$

$$= \frac{S}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{w+a}{t}\right)^2}}$$

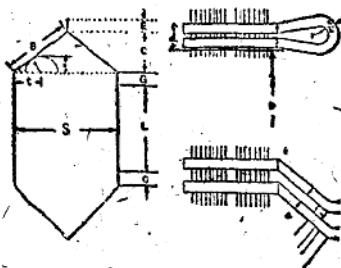


图 8

式中 t ——在槽中心测量的槽距 $= \frac{\pi(D+d)}{N}$

$b=w+a$, w 表示在槽中心测量的槽宽, a 表示相邻两线圈端部中间的空隙, 视电压的高低而定, 500 伏以下的电动机, a 约为 2.5 毫米。

$$C = B \sin \alpha = B \times \frac{b}{t},$$

$$E = \frac{d}{2},$$

线圈的总长为

$$l_m = 2L + 4G + \frac{2S}{\sqrt{1 - \left(\frac{w+a}{t}\right)^2}} + 2\pi\left(r + \frac{h}{2}\right),$$

式中 r ——线圈端部扭转处的半径, 约为 3~20 毫米;

$\frac{h}{2}$ ——线圈的高度(大约等于槽深的一半)。

(8) 拉綫圈机

【問】拉綫圈机之詳細構造和動作原理，請加以說明。

【答】拉綫圈机的式样很多，其主要部分为两个在不同平面內的直綫鉗，用以拉开梭形綫圈。这两个直綫鉗，夾住綫圈的直綫部分（即 $L+2G$ ）。綫圈的两端半圓形部分，用圓釘梢住，这部分可以在垂直的平面內移动。扳开直綫鉗即可將綫圈拉成六角形。两只直綫鉗，可以分別向兩側扳动，或一只固定，而另一只可以向前扳动。

三、鼠籠式感應電動機的特性

(1) 空載電流、滿載電流及最大啟動電流的計算

【問】電動機的空載電流、滿載電流及最大起動電流怎樣計算？

【答】380 伏電動機的各种電流，可以約估如下：

滿載電流每馬力約 1.5 安培左右（馬力小的要大一些），空載電流約為滿載電流的 30~40%，最大啟動電流約為滿載電流的 5~7 倍。

(2) 綫圈電樞圓周上單位長度的載流量

【問】如 A = 電樞圓周上每單位長度的載流量安培/厘米，問長度與安培/厘米是指什麼？是否指電流密度安培/平方厘米？

A 選得過高，則電機定子內圓周的曲率過大……。由 A 高引起這一趨勢，能否再明顯解答。