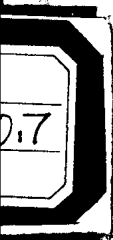


交流電動機之修理

(修訂本)

施載祿編著



龍門聯合書局出版

交流電動機之修理

施載祿編著

龍門聯合書局出版

本書概括的敘述了修理交流電動機時所需用的基本理論及一些必要的數據與操作法。關於絕緣問題，三相及單相交流電動機的繞組，書中作了較詳細的介紹。對於多速度電動機的繞組，也作了必要的說明。本書適於修理電機的技术人員及有經驗的技术工人參考。

爲使電角度及空間角度易於分別起見，書中用“ Δ ”代表電角度，而以“ $\circ$ ”代表空間角度。例如： 120Δ 爲電角度120度； 120° 爲空間角度120度。

交流電動機之修理

(修訂本)

施載祿編著

★版權所有★

龍門聯合書局出版

上海市書刊出版業營業許可證出029號

上海淮海中路1813號

新華書店總經售

商務印書館上海印刷廠印刷

上海天通庵路190號

開本：787×1092 1/27

印數：25,501—35,500

印張：6 8/27

1953年6月第一版

字數：138,000

1959年8月第11次印刷

定價：(10) 1.00元

目 錄

第一章 電機之構造

1-1 電機	1
1-2 直流電機之構造	1
1-3 交流電機之種類	4
1-4 同步交流電機之構造	4
1-5 多相鼠籠式感應電動機之構造	7
1-6 多相滑環式感應電動機與雙鼠籠式感應電動機	8
1-7 鼠籠式感應電動機與滑環式感應電動機之比較	10
1-8 電樞繞組	10

第二章 絕 緣

2-1 絕緣電阻	12
2-2 串聯高阻電壓錶法	13
2-3 搖錶	14
2-4 Price 氏罩護錶	15
2-5 固體絕緣物質之表面電阻測量法	17
2-6 介質強度	18
2-7 固態絕緣材料的厚度與介質強度之關係	18
2-8 電極形狀、加壓時間及頻率等與介質強度的關係	21
2-9 測量介質強度的方法	23
2-10 測驗介質強度時須具備的條件	24
2-11 瓷絕緣子	26
2-12 測量絕緣體的電力因數的方法	27
2-13 絕緣油的規格	30

第三章 電器用絕緣材料

3-1 電器用絕緣材料之用途及分類	31
3-2 氣態絕緣物質	33
3-3 液態絕緣材料之種類及一般性質	34
3-4 變壓器油及開關油	36
3-5 植物油與溶劑	37
3-6 半固態絕緣材料之種類	38
3-7 蟲膠與蠟	39
3-8 絕緣漆	40
3-9 固態絕緣材料之種類	41
3-10 雲母及石棉	42
3-11 玻璃及瓷	43
3-12 棉、絲、蔴	45
3-13 紙	46

第四章 多相交流感應電動機之原理及其線繞

4-1 多相交流感應電動機	48
4-2 多相感應電動機之運轉原理	48
4-3 定子線繞	49
4-4 星形聯接與三角形聯接	51
4-5 極相組	52
4-6 集中線繞與分佈線繞	54
4-7 各種線繞之分佈因數	56
4-8 節距因數	59
4-9 交流電機之電樞上所用線繞之種類	60
4-10 疊式線繞	61
4-11 疊式線繞之圓圖	63

4-12 波形線繞	63
4-13 同心螺旋線繞或鏈形線繞	64
4-14 籃形線繞	66
4-15 斜形線繞	67
4-16 多相交流感應電動機之轉子線繞	68
4-17 鼠籠式線繞	68
4-18 滑環式轉子上線繞之佈置法	69

第五章 特殊線繞

I 多速度線繞

5-1 多速度電動機	75
5-2 各種聯接法對電動機之扭力及馬力之影響	76
5-3 雙速單線繞之分佈因數及節距因數	77
5-4 三相雙速度線繞之聯接法	77
5-5 三相多速度電動機之轉子線繞	80
5-6 二相雙速線繞	82
5-7 三相四速度雙線繞之聯接法及其控制器	82

II 雙電壓線繞

5-8 三相雙電壓線繞之種類	84
5-9 二相雙電壓電動機之線繞	86

III 分數槽線繞

5-10 分數槽線繞之分佈法	86
----------------	----

第六章 感應電動機線繞之改聯

6-1 運用情況對電機特性之影響	89
6-2 改聯線繞時應注意之事項	90
6-3 電壓高低與線繞間之關係	91
6-4 頻率與線繞之關係	94

6-5	改變電源之相數	96
6-6	改變線繞之磁極數	97
6-7	電壓與電機工作情形之關係	99

第七章 單相交流電動機之運轉原理及其特性

7-1	單相電動機之運轉原理	101
7-2	單相感應電動機之起動方法	102
7-3	單相電動機之種類	104
7-4	電阻分相起動式感應電動機	105
7-5	電抗起動分相式感應電動機	106
7-6	電容起動分相式感應電動機	107
7-7	電容電動機	109
7-8	罩極感應電動機	110
7-9	推斥起動感應電動機	112
7-10	推斥電動機及推斥感應電動機	113
7-11	交直流電動機	115

第八章 單相交流電動機之線繞

8-1	分相式感應電動機之線繞	118
8-2	罩極式感應電動機之線繞	121
8-3	推斥起動感應電動機之線繞	122
8-4	推斥電動機及推斥感應電動機之線繞與旋轉方向之關係	126
8-5	交直流電動機之線繞	129

第九章 單相電動機運用情況之改變

9-1	改變運用電壓	134
9-2	改變扭力	134
9-3	轉速之改變	135

9-4	分相起動電機與電容起動電機互相改換	135
9-5	單相電動機改爲三相電動機	137
9-6	估計電機之最大機械輸出	137
9-7	鑲繞所需之匝數及線號之大小	138
9-8	計算三相鑲繞之實例	140

第十章 電動機之故障及其檢查

10-1	故障之種類	142
10-2	感應電動機不能起動	142
10-3	電樞發熱	143
10-4	燒保險絲	144
10-5	炭刷冒火花	145
10-6	軸承發熱	145
10-7	單相電動機之雜故障	146
10-8	鑲繞故障之檢查方法	146

第十一章 電機修理之過程

11-1	修理程序	148
11-2	工作登記	149
11-3	工作命令(附領料單)	150
11-4	拆裝電機時應注意之事項	153
11-5	檢驗整流器	154
11-6	製新線卷	155
11-7	放置樞槽絕緣	157
11-8	鉚接	159
11-9	打箍(紮綁線)	159
11-10	整流器之修整	161
11-11	浸漆及烘乾	161

第一章 電機之構造

1-1. 電機

凡是將機械功轉變為電能，或相反地把電能轉變為機械功的機器都稱為電機。在第一種情形時，這電機便稱為發電機；而在第二種情況下，便稱為電動機（註）。

大凡電機都有一個轉動部份及一個固定部份，在這兩部份上各有各的電路，至於這兩部份的電路是否聯通，則要根據原來的設計決定。不能任意改變它們之間的關係。

一般電機可以分為直流電機及交流電機兩大類，今將常用電機的構造略述於以下幾節。

1-2. 直流電機之構造

普通的直流電機可以當做發電機用，也可以當做電動機用，故合併述之。

直流電機的轉動部份以電樞為主，如圖 1-1 所示。這裏所說的電樞，是樞芯及其上所嵌放的繞組的總稱。樞芯係由若干夾有絕緣物的矽鋼沖片疊合而成，呈圓柱形，樞芯的外面周邊上有樞槽，槽內嵌放線卷。樞槽的方向與軸的方向相同。有的樞芯上在與軸垂直的方向有通風隙，用以加強散熱作用。散熱用的風是由電樞後端的風扇鼓動而生的。一般的習慣，電機上安裝皮帶輪或軸接合器（即靠背輪）的一端稱為後端，另一端稱為前端。電機在工作時，槽內的導線受有離心力及其他力的作用，故除在槽口加塞棒把導線壓緊外，並須用鋼絲將導線及塞

（註）克魯格著：電工原理第六版中譯本第三章第 86 節（第 262 頁）。

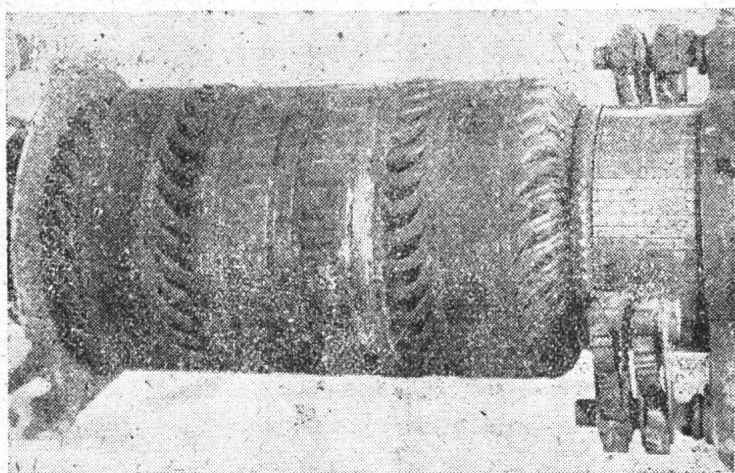


圖 1-1. 直流發電機之電樞。

左方爲後端，裝有風扇；右方爲前端，裝有換向器等。圖中並無通風隙及軸。

棒紮緊，用以防止導線鬆動或飛出槽外，這種鋼絲箍特稱爲綁線。

轉動部份上除電樞外，還有換向器（整流器）。換向器是由多數互相絕緣的換向器片（整流片）組合而成的，圖 1-2 所示，即爲一個小型換向器的剖視圖。電樞繞組（線繞）的線頭都經一定方式與換向器片聯結。電樞繞組及換向器都沒有與外界線路直接聯通的導線，故在換向器的周邊裝一對或數對電刷（炭刷），電樞轉動時，換向器能與這些電刷滑動接觸，而這些電刷都與外界線路聯通，則電樞就可以經過換向器及電刷與外界線路聯通，輸出或輸入電流。

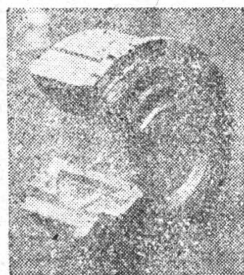


圖 1-2. 換向器之剖視圖。 直流電機的固定部份以磁極爲主。所有磁極都裝在磁軛的內面，見圖 1-3。每個磁極的周圍都繞有線卷，這種單個的線卷稱爲磁場線卷，全部線卷總稱爲激磁繞組。激磁繞組按一定的方式聯接後，通以直流電，磁極就能發生合用的磁通。用直流電激磁可

得較多的方向一定的磁通（磁力線），有的小型直流電機用永久磁鐵做磁極，則不用直流電激磁也可以運轉。

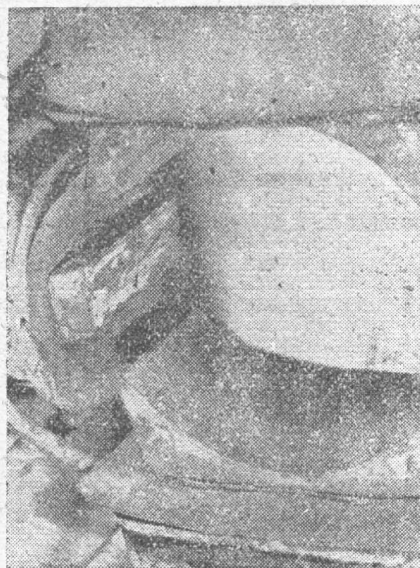


圖 1-3. 某直流發電機磁極之近視圖。

左側的小磁極即為換向磁極。

有時爲了增加整流效率起見，在主磁極之間另裝有比較小的磁極，這種比較小的磁極叫做換向磁極，又可稱爲內間極或整流極。

磁軛之一側常有一個開口或幾個小孔，激磁繞組及電樞繞組的線頭都由這裏通出來。爲避免這些通出來的導線被碰壞而發生危險起見，在導線通出磁軛的地方常用盒形鐵蓋保護，所以這部份稱爲接線盒。

磁軛的兩端有軸承架（又稱端蓋），每個軸承架的中心各裝一個軸承以支持電樞，使電樞的中心線保持一定的位置，並可減少電樞轉動時之摩擦阻力。

1-3. 交流電機之種類

交流電機可分為兩大類，每類又可以分為若干種，均分別列後：

1. 同步電機——單相及多相。

2. 非同步電機：

鼠籠式感應電動機；

滑環式感應電動機；

感應發電機；

單相電動機(各種單相電動機之名稱詳第十一章)。

平常使用的交流發電機多為同步電機，由此可見電動機之種類比發電機的種類多得多。其主要原因為發電機是供給電能的機械，其所供給的電能的質量(如每秒週波數、電壓波形、電力因數等)必須適合一定的規格及條件，所以發電機的種類較少。電動機則須適應多種負載及電源的要求及特性，故種類較多。

1-4. 同步交流電機之構造

當交流電機之轉速及磁極數之間永遠保持一定不變的關係時，這

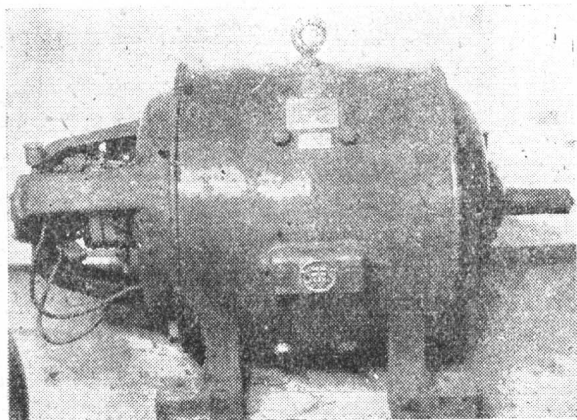


圖 1-4. 30 仟伏安，4 極，旋轉電樞式三相同步發電機之外形。

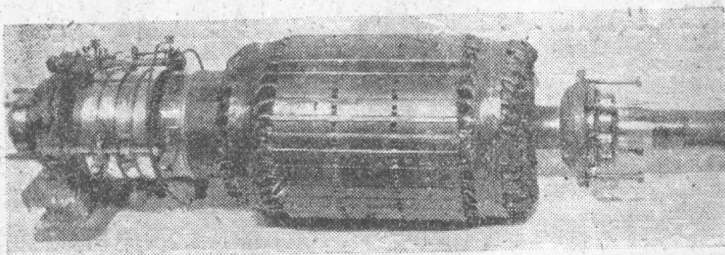


圖 1-5. 旋轉電樞式三相發電機之電樞。

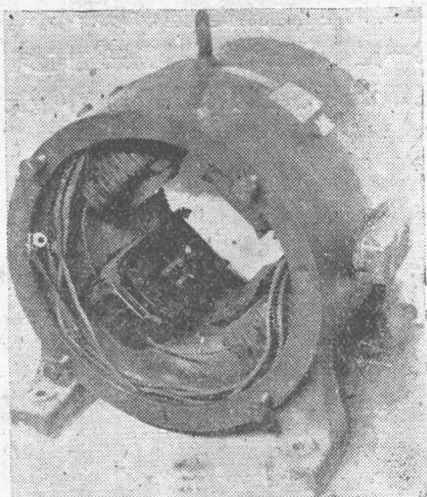


圖 1-6. 旋轉電樞式同步發電機之軀鐵及磁極。

種電機就稱為同步電機。同步電機的轉速與磁極數間的關係為：

$$f = \frac{PN}{120}, \quad (1-1)$$

式中

f = 頻率, 週波/秒;

P = 磁極數目;

N = 同步轉速, 即電機的轉速, 轉數/分。

圖 1-4 為某 30 仟伏安, 4 極, 旋轉電樞式三相同步發電機的外形。其電樞為轉動部份, 故電樞所發生的電能須經滑環及電刷才能輸送到

外界線路上去。圖 1-5 爲此發電機之電樞，以之與圖 1-1 比較，除多四個滑環以外，其他各部份的構造都很相像（電樞上與軸垂直的方向有兩個通風隙）。圖 1-6 爲此發電機的磁軛及磁極。

一般同步電機的磁極須用直流電激磁，故同步電機多附帶有一個直流發電機，專供給激磁電流，不做其他用途。凡專供激磁電流的直流發電機，又可稱爲勵磁機。圖 1-5 所示電樞前端之換向器（在左端四個滑環與電樞之間）就是勵磁機的一部份。勵磁機的電樞繞組在樞槽的底部，被交流機本身的電樞繞組遮蔽，所以看不見。

圖 1-7 所示爲一旋轉磁場式引擎傳動三相同步發電機的一部份，其電樞繞組爲固定部份，而磁極爲轉動部份。中型及大型的發電機，這

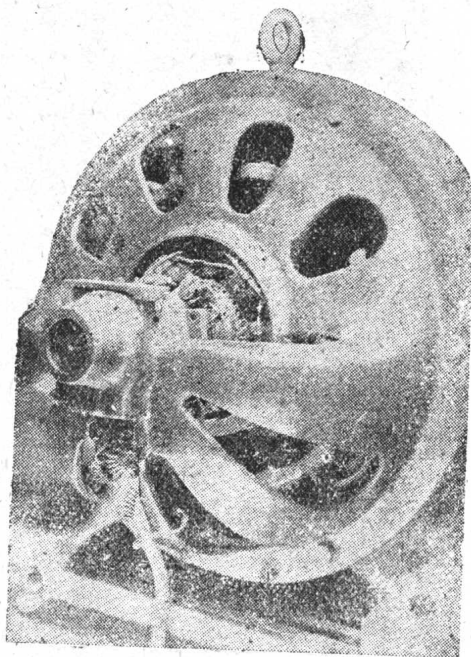


圖 1-7. 引擎傳動式三相同步發電機之一部份。
前面是勵磁機，後面可看見發電機的繞組的一部份。

種構造極為普遍，因為把電樞做成固定不動的，在製造技術上可以減少很多困難，維護也較容易。

1-5. 多相鼠籠式感應電動機之構造

鼠籠式感應電動機是交流電動機中最常用的一種，因其有下列三個主要優點：

1. 構造簡單，堅固耐用，維護較易；
2. 使用方法簡單；
3. 價格較廉。

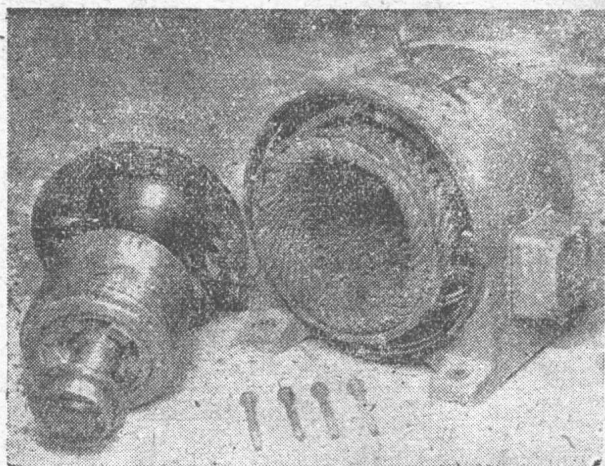


圖 1-8. 三相鼠籠式感應電動機之定子及轉子，圖中無軸承架。

感應電動機的轉速雖與電源的頻率及電機的磁極數有關，但決不能與同步轉速相等，而永遠低於同步轉速，且在使用中，不能維持轉速不變，故屬於非同步電機之一種。圖 1-8 為某鼠籠式感應電動機的主要部份。其電樞常為固定部份，故又稱為定子。定子的構造與同步電機電樞的構造相似。

其轉動部份又稱為轉子。轉子鐵芯上也有槽，槽中穿有導線，導線

爲銅棒。在轉子鐵芯兩端各有銅質端環一個，將所有的銅棒短路而爲轉子繞組。因爲轉子繞組單獨視之恰如一鼠籠，所以此種電機稱爲鼠籠式感應電動機。端環與銅棒間的電阻須盡量減小，否則電機的轉差率將增加，亦即電機的轉速將降低。有的轉子繞組用鋁合金製造，連同端環及風扇葉片一次鑄成，製造時節省人工，又沒有接縫，頗合實用。

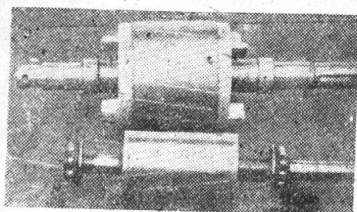


圖 1-9. 鼠籠式轉子之斜槽。

種構造在小型感應電動機中應用之處頗多，特稱爲斜槽。實際上，圖 1-8 中之轉子槽亦爲斜槽，惟斜度不大，易被忽略。

圖 1-9 爲兩個小型多相鼠籠式感應電動機的轉子，其中較大的一個轉子的繞組就是用鋁合金鑄成的。圖中兩個轉子的槽都不與軸的方向平行，用以削減感應電壓之某種諧波而減少磁振動。這

1-6. 多相滑環式感應電動機與雙鼠籠式感應電動機

感應電動機的轉子上敷以繞組，並按適當的方法聯成三相轉子繞組，再經滑環及電刷與一個三相可變電阻器相聯，則這電動機稱爲三相滑環式感應電動機或線繞轉子式感應電動機。與轉子繞組串聯的三相可變電阻僅在起動電機時使用，故又稱爲起動器。圖 1-10 爲此種型式

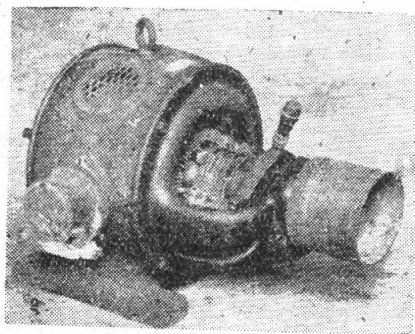


圖 1-10. 滑環式感應電動機之外形。圖中無起動器。

電動機之外形，其零件圖則如圖 1-11 所示。

這種電動機在起動之初，要把起動器的電阻調節至最大以增加轉子繞組的電阻，而使感應電動機的起動轉矩增加，並使起動電流減小。待電機的轉速逐漸升高，即可逐漸減小起動器的電阻，最後將起動器的電阻短路，電機的起動步驟完成。此種電動機多附有使轉子繞組短路並同時使電刷離開滑環的設備。這樣可以更降低轉子繞組的電阻，並可減少電刷的磨耗。此種電動機的轉子電阻係裝在電機之外，故又稱為外電阻式感應電動機。

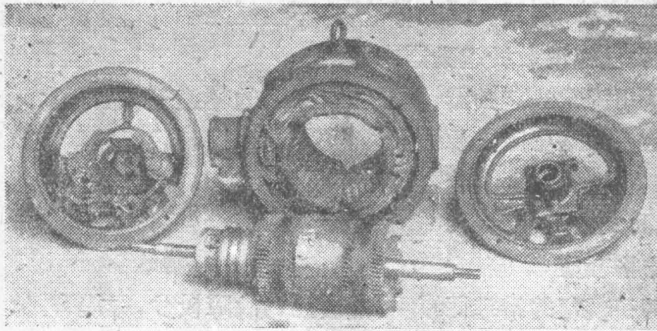


圖 1-11. 滑環式感應電動機之零件圖，起動器。

滑環式感應電動機的轉子繞組多用波繞組，而且不論定子繞組為二相或三相，其轉子繞組都是三相的。因為若把轉子繞組敷成二相的，反需要四個滑環，不經濟。尚有一事須注意，轉子繞組的磁極數必須等於定子繞組的磁極數，如果轉子有 8 極而定子有 10 極，則不能當做電動機運轉。

轉子繞組所串聯的電阻若移置到電機內部，則稱為內電阻式感應電動機。這種電動機中最簡單的是雙鼠籠式感應電動機，其轉子繞組分為內外兩層。其內層的導線較粗，材料的比阻也較小；外層的導線較細，材料的比阻也較大。當電動機起動之初，轉子電壓的頻率較高，近於電源電壓的頻率，故轉子電流內集膚作用面多在外層繞組裏流通（在電阻較大的繞組裏流通）；待電機的轉速逐漸升高，轉子電壓的頻率逐