

大型交流电动机 綫捲之修理

〔苏联〕И. А. 叶高洛夫著 丁士鈞译

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書為原作者根據本人就地修理大型電動機繞線的實際經驗所編寫。書內敘述重繞定子繞線和轉子繞線的全部生產技術。與繞線捲問題相關連的鐵心拆卸和試驗也編寫在內。

本書適合於從事電機的修理與繞線工作的機工長和工匠閱讀。但對於負責電機修理的工程師和技術人員本書也能給予相當幫助。

大型交流電動機繞線之修理

РЕМОНТ ОБМОТОК КРУПНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

原 著 者 〔蘇聯〕И. А. Егоров
原出版者 Госэнергоиздат 1953 年版
譯 者 丁 士 鈞

上海科學技術出版社出版
(上海瑞金二路450號)

上海市書刊出版業營業許可証出093號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售
上海大東集成聯合印刷廠印刷

◆

開本850×1168 1/32 印張5 20/32 字數129,000

(原大東、科技版共印3,500冊 1954年5月第1版)

1959年4月新1版 1962年9月第3次印刷

印數3,501—5,200

統一書號：15119 · 366

定 價：(十四) 0.96 元

譯 序

本書譯自葉高洛甫(И. А. Егоров)所著大型交流電動機線捲之修理(Ремонт Обмоток Крупных Электродвигателей Переменного Тока)一書。全書資料,大部份是原作者歷年來修理大型電機的實地經驗。葉氏以一實地工作的工程師身份來現身說法,所以敘述得倍加親切。線捲施工的全部細節,如線圈之製造與放置,線捲之接線、浸漬、試驗,工作之組織以及用料之估計等項,一一描摹詳盡,與一般書籍僅作泛泛的陳述完全不同。書中所講的施工方法準確而謹嚴,一舉一動均求合理合法。譯者雖亦從事於電機繞線工作有年,但從未曾似葉氏這樣自始至終一步不懈地繞過一座電動機。面對這一本代表蘇聯先進工作法與先進經驗的實際施工小冊子,自覺汗顏;所以亟將葉氏原著譯成中文,以供國內從事電機修理與線捲繞線工作的工程師和技工參考。

譯者能薄材識,對於俄文的閱讀能力尤差,誤解與錯譯等疵謬自所難免,還望讀者隨時指正是幸。又本書原稿全部經葉慶桐工程師悉心校閱,訂正了原譯文內不少錯誤,解決了不少困難;張仲方工程師及章紀川博士對於俄文字義方面也作了很多貢獻。本書能以現在的面目與讀者相見,三兄之力爲大,敬致謝意。

一九五四年夏曆元旦丁士鈞序於上海

原 序

本書專門敘述電動機線捲的修理工作，是為那些經常在電機裝置地點（而非在電機修理廠內）從事電機修理的繞線機工長和繞線工匠編寫的。

為了能作最大多數工匠們的指南，本書採取了淺近的編著法。只要具備七年制學校初等代數學的基礎、和一些電工學基本定律的概念，就足以領會本書的內容。但我們是假定了讀者具有電機修理的實際技能（五、六級繞線工匠）和熟諳交流電機的裝置與運用法則的。

本書取材，大部份根據著者以前在各種性質的工業企業中就地作大型電機修理時所得的實際經驗；此外又補充了其他文獻資料。書中所介紹的修理方式、工作法、必要設備以及所列的簡單算式，多數均經過著者實地採用，證明可靠。

若干在作就地修理工作中經常遭遇的困難，如電動機型式各別、修理場所準備草率、用料花色不全、當地專家缺乏等等，書中均有解決辦法。本書旨在對於實際工作人員在組織生產方面和在保證大型交流電動機修理工作的優良品質方面有所幫助。

葉高洛甫識

目 錄

譯 序

原 序

上 篇

三相交流電動機定子線捲

第一章 定子線捲式樣故障之探索及修理工作之組織.....	1
(1.1)線捲式樣	1
(1.2)故障之探索	4
(1.3)修理工作之準備	6
第二章 修理用電工材料.....	17
(2.1)矽鋼片	17
(2.2)繞線銅	17
(2.3)鐸料與鐸劑	19
(2.4)絕緣材料	22
第三章 同心線捲	28
(3.1)線捲圖形	28
(3.2)機槽絕緣	34

(3.3)線捲之製造	42
第四章 雙層線捲	53
(4.1)線圈之製造	53
(4.2)2000、3000、6000伏電壓上絕緣之實施	60
(4.3)線圈製造實例	70
(4.4)線圈之絕緣強度試驗	74
(4.5)線圈之放置	75
第五章 定子線捲線圈接線之實施	84
(5.1)同心線捲線圈之接線	84
(5.2)雙層線捲線圈之接線	85
(5.3)雙層線捲細目	86
(5.4)銅梗線捲接線實例	92
第六章 線捲之浸漬與塗刷	94
第七章 電動機線捲之乾燥	98
(7.1)短路法	99
(7.2)外部施熱法	100
(7.3)鐵損乾燥法	102
(7.4)絕緣之乾燥規則與控制	106
第八章 絕緣試驗	110
(8.1)絕緣電阻之測定	110
(8.2)線捲之耐壓試驗	112
(8.3)線匝絕緣試驗	116

下 篇

轉子線捲

第九章 轉子線捲圖樣.....	118
(9,1)接線圖形	119
(9,2)方塊圖	125
(9,3)出線與交接線位置之決定	135
(9,4)以換位銅梗作交接線之轉子	140
第十章 轉子線捲修理.....	142
(10,1)準備工作與轉子之拆卸	142
(10,2)銅梗之絕緣	145
(10,3)銅梗之安放與接線之實施	149
(10,4)綁帶及綁帶之繞紮	153
附 錄	
(一)鐵心之拆卸.....	159
(二)轉子線捲接線圖表.....	162
(三)定子鐵心試驗.....	168
(四)繞線銅簡表.....	170
參考文獻	

上 篇

三相交流電動機定子線捲

第 一 章

定子線捲式樣故障之探索及修理工作之組織

(1.1)線捲式樣

交流電機的線捲可以分爲三大類別：銅線線捲、銅梗線捲與特殊線捲。就施工的方法說，若依線圈在機槽內的位置來分，線捲可區分爲單層與雙層兩種；依線捲製造的方式來分，則可區分爲手繞、模繞及半模繞三種；依每相每極所分得的槽數來分，又可區分爲整數槽與分數槽兩種。

三相交流電動機的定子是根據下列的標準電壓製造的：220、380、500、3000、6000 及 10500 伏；但有時，尤其在進口的電機中，也遇到非標準的電壓，例如 2000 及 5250 伏。

機 槽 式 樣

電動機的定子係由鋼片疊成，鋼片面上衝有機槽，線捲即放置槽內。機槽共有三種式樣：封閉槽，線捲從一端穿入槽內；半封閉槽和半敞

露槽，線捲自槽口嵌入槽內（槽口寬小於機槽本身的寬度）；敞露槽，線捲事先製就後放入。機槽的式樣見圖 1.1。



圖 1.1 機槽式樣：1.半封閉式(a, b, c) 2.半敞露式(d, e) 3.敞露式(f)

就感應電動機與同步電動機而論，小型電機，電壓在500伏以下者，常用半封閉槽；中等容量者用半敞露槽；容量巨大而電壓又在500伏以上者用敞露槽。

線 捲 式 樣

電機製造廠的工作人員和電機修理與運用書籍的作者，往往把組成線捲的各個單元喚以不同的名稱。本書中決定這樣稱呼：在單層線捲中佔着兩枚槽或在雙層線捲中佔着兩枚半槽的一個單元稱為線圈；若干線圈併合起來的組合稱為極相組。

依製造方式劃分，線捲可區別為銅線和銅梗兩種。若線捲內的線圈包含很多線匝，每一線匝又由單根或幾根並聯的圓形和矩形銅線所構成，這種線捲稱為銅線線捲。若線捲內的線圈僅由單根或幾根圓形和矩形的銅梗組成，這種線捲就稱為銅梗線捲。截面在25平方公厘以上的導線，普通採用銅梗線捲。

三相交流電動機的定子可採用下列式樣的線捲：

銅線穿過線捲 把導線穿過絕緣好了的機槽。

銅線剖開(y形)線捲 線捲由矩形導線組成。一端的線圈頭先在繞線模上彎成一定式樣，另一端的線圈頭加以剖開，在定子上用繞線模

製成一定式樣。

銅梗線捲 槽內只放一根或兩根銅梗，銅梗的一端在放置以前即行彎就，另一端則在定子上就地彎製。有時二端都伸直，線圈頭另用銅套聯接。銅梗可用圓形、橢圓形或其他形狀的銅棒製成，若尺寸甚大，又可用細銅線編製而加以換位。

單層穿過線捲 把導線穿過絕緣好了的機槽。電機上所剩留下來放置線圈頭的地位倘若甚少，則用此法。電機的電壓在 500 伏以下。

單層嵌入線捲 在小型電機上，線圈可預先繞就後自槽口嵌入槽內。低壓電機用之。

預製線圈 若用敞露槽可將預製線圈整個放入槽內。2000、3000 及 6000 伏電壓的電動機用之。

雙 層 線 捲

若用敞露槽線捲便可用預製線圈（分為 1、2 或 3 行排列）。這線圈佔據槽的全寬和其半高。每槽容納兩枚不同線圈的兩個圈邊。

若機槽為半封閉式而槽口又偏在一旁（圖 1.1 a），線圈可分為兩半繞就，然後嵌入。每一枚半線圈佔有四分之一的槽。兩枚半線圈左右並列放置加以並聯，組成整個一枚線圈。低壓電機可用此法。

若機槽為半封閉式而槽口位居中央，線圈可先在繞線模上繞就，逐根自槽口嵌入絕緣好了的機槽。在多數情形下，一槽之寬可並放兩根導線。3000 伏電壓以下的電機用之。

在低壓小型電機上，可將預先繞就的線圈自槽口嵌入槽內，或用手工繞入。

比較不常遇見的尚有雙層銅梗線捲。槽內放置兩根或四根銅梗，視電壓之高低（對於四根銅梗）決定兩兩並聯或互相串聯。

同心線捲^①的缺點之一是：若用手工繞製線圈，其形式與尺寸都各有差別，用銅較多；若用繞線模繞製線圈，則又需大量的繞線模，線圈頭的支撐不易。同心線捲的優點是：易於作局部的修理，不需特殊的工具和高度的技術；在線圈頭部份上又易於敷施額外的絕緣以防護酸類、水份、油類、塵埃的危害作用。

雙層模繞線捲的缺點是：在運行的情形下難於作局部的修理，其主要優點是：線捲內的線圈都是同一式樣，可在一付繞線模上製造，線圈頭簡單而堅固。和同心線捲上長度甚大的線圈頭相比較，這種緊湊的線圈頭大大地節省了耗銅量。

同心線捲用於定子比較少見，雙層疊形線捲目下已獲得了最廣泛的應用。

(1.2) 故障之探索

電 機 之 檢 視

在着手進行電機的修理工作之前，必須先根據記錄（假若有記錄可考的話），或根據運行人員的報告，以便查明已往電機在運行中有過何種反常情形，故障何在，是怎樣克服的，電機最近一次停歇下來時可曾注意到什麼。

電機的拆卸工作應由運行人員爲之，但修理人員必須到場共同合作。假若裝置電機的地位許可，定子與轉子即可停放在空曠的場所，定子擱在墊木上，轉子擱在支架上。

只有在機身巨大不便運輸的情形下，電機纔停在底座上就地修理。修理的場所必須清潔、溫暖、光線充足、地位寬敞；凡與電機的修理無涉

①按原文作銅線線捲，但其式樣全係同心式，故改譯同心線捲 [譯者註]

的工作一律不得在此進行。

定子與轉子既經放置在工作地點，便可着手探索故障所在。電機在拆卸期間，故障的性質一般講來已可決定——機身上的絕緣損壞、線匝短路、機械損傷、轉子紮線斷折等等。主要的是要把故障的地點與損壞的程度探測出來，以便決定修理工作的性質與規模。

根據故障的性質、絕緣與定子矽鋼片的完好程度，便可計劃探索故障地點的方法。第一步是把電機作詳細的視察，機械故障立時就顯露了出來。電方面的故障——接地與線匝短路——有時也能由視察探知；例如，從遭受了損傷或變更了色澤的絕緣料（這是因線圈內部短路而發熱的結果），從定子鋼片的燒灼痕跡，和從矽鋼片上的氧化色澤（由於電弧的高溫所致）都可決定故障的所在。

假若故障並不嚴重，而電機又因着繼電保護裝置迅速脫離電源，故障所在常常不能視察出來。在這種情形下，線捲便必需加以試驗。

線匝短路之探索

線匝短路的地點，可用攜帶式短路偵察器準確而可靠地探索出來（圖 1.2）。變壓探測器具有 Π 形的鐵柱。鐵柱可用 150/5 或 200/5 安的變流器的鐵心製造。上部繞以 750 至 1000 匝的 ПБЛ 或 ПЭЛ 銅線，直徑 0.9—1.0 公厘。

線圈應當可靠地絕緣起來，因為使用時人手必觸及之。用 2×1 或 2×1.5 平方公厘的軟線引至線端，軟線的長度以足夠通至 120 或

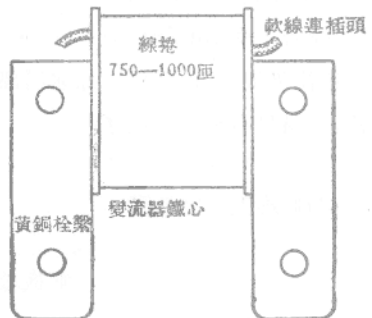


圖 1.2 探測線匝短路的變壓探測器

220 伏的電燈線插座爲度。線路內應插入 0—5 或 0—10 安量程的安培計一具。鐵柱的端頭畧帶圓角，以便兼供試驗定子與轉子之用。

推上電源，將探測器沿了定子的鏤孔或轉子的表面推進（與機槽方向垂直），兩柱的端頭之間距離鐵心 3 至 5 公厘放置一片薄鋼片。在情形正常的地點，鋼片僅微微顫動，而在短路線圈的所在鋼片便受到了吸力（定子上共有兩點發生吸力，因爲一枚線圈佔據兩枚機槽）。這樣，故障的所在便告確定。

使用變壓探測器是方便而毫無危險的，因爲定子線捲內部並不產生電壓。

接 地 之 探 索

線捲接地故障之存在可由高阻計（即搖電箱）測知。設若線捲原來只有三個出線端，而在作詳細視察之際又無法探索出故障所在，於是必須將三相的銲接點拆開，把線捲每相分別用高阻計試驗。

再把受病一相的銲接點逐個拆開，循序用高阻計試驗，決定受病的極相組和線圈。

根據絕緣的現狀和故障的性質，決定了修理的規模：是局部繞線（掉換若干受病的極相組與線圈），還是全部重繞。若線捲的受病部分的絕緣仍很良好，我們可採取局部繞線的方法。惟若絕緣業已枯焦剝落，那就只有全部重繞了。

(1.3) 修理工作之準備

電機數據之記載

對於待修的電動機，須編製故障明細表，載明電機的銘牌記錄、技

術數據、各個部份的現狀，所需的修理工作的性質與規模。依據故障明細表，編製其他的技術文件、估計需用材料的數量與種類、和作出預算。順便還繪製工具與特殊儀器的草樣，並選擇必需的設備與器材。

假若電機的電壓有變更爲另一標準電壓的必要，線捲務須根據新的電壓重加計算。

在拆除定子線捲時必須把下列數據計載下來：

I. 銘牌數據

1. 電機的名稱
2. 製造廠名及製造年份
3. 型式
4. 功率
5. 電壓
6. 定子電流
7. 功率因數與效率
8. 轉速
9. 轉子電壓與電流

II. 技術與構造方面的數據

1. 定子鐵心外徑
2. 定子鐵心內徑
3. 鐵心長度(包括通風道在內)
4. 通風道數目與尺度
5. 鐵軛厚度
6. 線捲式樣及三個相的接法
7. 極相組數目與接法
8. 每一極相組的線圈數目
9. 每一線圈的匝數
10. 每匝導線數
11. 導線的式樣與尺度
12. 每極每相的槽數
13. 線捲接線圖

14. 線圈頭突出鐵心之尺度與傾斜角，線圈頭的草圖
15. 繫緊線圈頭的繫線與繫線箍（註出尺寸），若定子的栓繫方式特殊，須附草圖
16. 槽鍵的式樣、尺度與數目
17. 槽襯的厚度與材料
18. 線圈槽內部份的尺度（包括絕緣在內）
19. 線圈槽內部份的絕緣材料
20. 槽內絕緣的尺度——長度、寬度、厚度、層數（對人造雲母片而言）、壁厚。
21. 槽內墊襯的材料與尺度
22. 所拔出的線圈的尺度坦平寬度與總長（附草圖）
23. 機槽淨尺度（附草圖並註明線匝部位）
24. 線圈槽內部份與線圈頭的截面
25. 購製新導線時所應知悉的線圈導線長度（量出）

要抽出連續絕緣的線圈必須預先用電加熱。

要記得、拆卸時記載與草圖越完全，將來繞線時就越容易。非大量製造的、稀見的和奇特的電機應當在進行修理的若干階段中與若干方位上攝取照片。

在抽出線捲的拆卸過程中，爲了保持導線的完整（尤其是絞線），必須留意地、準確地熔開銲錫點，將線圈頭的絕緣清除掉，並用扁銼銼去充滿銲錫的線圈端頭，使能好好地通過槽襯而不致損傷那組成絞線的細銅絲。

設若導線尚可利用，則自定子上抽出後便應刮去絕緣、校正形狀、繞成捲索、用繩索繫緊。捲索不應就用導線來絞緊，因爲這要使導線遭受損傷，並且增加了不必要的校正工作。

在熔開接頭之時，應該把銅套和滴下來的銲料一同收集起來。槽襯抽出以後，機槽就可予以清除，去掉塵埃、油類和殘餘的絕緣料。

鐵心上業已損壞的矽鋼片應當敲平，毛頭應當銼光。矽鋼片在機槽中的位置是否準確可用硬木板（如乾燥的白樺木、橡木、櫟木等等）量度。木板的尺度應當比機槽的尺度每邊小 0.05 至 0.1 公厘。木板一

推入機槽當即可以發覺矽鋼片的凸出點，以及應加敲平的尺寸。矽鋼片之是否已達良好狀態，必須十分注意，否則嵌入槽襯時，絕緣層勢必要被矽鋼片的突出部份所刮擦而致損傷。

工 具 之 準 備

爲了不延遲修理工作的進行，並保持其質量，必須預先準備必要的材料、一切設備以及次要的用具和儀器。下面列舉了最低限度所必備的儀器、工具、用具和量計：

1. 平行虎鉗和櫟虎鉗——2 隻。
2. 銅匠用的各種鐵鏈——4 隻。
3. 銅鏈——1 隻。
4. 大木鏈（敲直銅條用）——2 隻。
5. 手拉鋸及鋸身——1 隻。
6. 模製線圈所用壓製模與榫楔——2—3 個。
7. 鋼絲鉗、利口鉗、圓口鉗。
8. 裁縫用剪刀。
9. 剪裁金屬用手剪。
10. 銅匠用的各種鋸。
11. 鋼鑿、衝心鑿、和衝模整套。
12. 旋鑿。
13. 普通烙鐵與電烙鐵。
14. 電匠刀。
15. 尺（300, 500, 1000 公厘）。
16. 滑動測徑器。
17. 外圓測徑器及內圓測徑器。
18. 木匠工具整套。
19. 噴燈。

20. 電熨斗。
21. 500 伏安以上之變壓器, 6—12—24—36—120/220 伏。
22. 高阻計 1000 伏。
23. 板鉗和彎銅條器整套。
24. 木匠工作檯。
25. 普通木桌。
26. 低凳。
27. 盛火油、汽油、酒精、清漆之器皿、水盆、滴油盤。
28. 有鎖之木櫥。
29. 用以烘烤槽襯、轆轤、壓製、烘烤線圈的發熱設備。

領導者的工作場所和進行準備工作的場合必須另擇獨立地點。

發熱元件的材料

出門作修理工作常需就地預備電爐和其他發熱設備。下面舉出若干高電阻合金的數據, 這些合金全能適合上述的用途(第 1.1 表):

第 1.2 及 1.3 表列示圓形的鎳鉻合金線、錳銅合金線、康銅合金線、雷銅合金線以及鎳線的數據。第 1.4 表列出了將不同電壓施在一公尺長的圓形鎳鉻合金線上所獲得的電流負載, 這合金線繞在絕緣管上, 線匝之間利用空氣絕緣。這些負載適用於 200 至 900 °C 的不同工作溫度。必須認識, 發熱元件的工作溫度愈低, 使用壽命便愈長, 所以它們的功率和工作溫度應當按實施工作時的技術需要來選擇。

材料消耗估計

在大型電動機的修理工作中, 所需材料的數量可按下列簡單公式計算, 這些公式都已在實踐中獲得證實:

繞線銅 每一線圈或每一極相組中所需用的繞線銅的數量, 以公