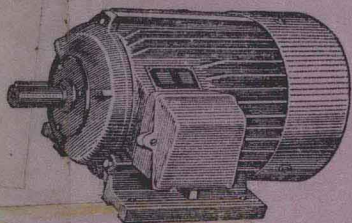


感應電動機接線概論

丁士鈞編譯



香港新文書店出版

感應電動機接線概論

丁士鈞編譯

香港新文書店出版

感應電動機接線概論

定價港幣十四元

編譯者：丁士鈞

出版者：新文書店
九龍譚公道三十號

承印者：成記印刷廠
新蒲崗八達街七至九號二樓

版權所有·翻印必究

內 容 簡 介

本書內容分四大類：（一）接線方法（二）改接規則（三）舊壳重繞新線的計算（四）磁性拉力的校正，並附有線捲接線圖形全套和不均分組的詳表。

本書專供繞線技工，修理人員及青年學生之用。

目 錄

第一章 感應電動機錄捲之功用.....	1
感應電動機發展簡史——直流電動機錄捲之功用——同步電動機——感應電動機	
第二章 旋轉磁場.....	5
感應電動機概說——交流磁力表示法——單相及多相交流電表示法——第二相錄捲反接之原因——二相電流生成磁場法則——三相電流生成磁場法則——磁場圖解法——對掉引錄來反轉旋轉方向法——多相感應電動機運用原理一：——無電抗轉子——多相感應電動機運用原理二：電抗轉子——反電動勢——多相錄捲接法——感應電動機之式樣	
第三章 定子錄捲.....	28
錄捲概說——雙層疊形錄捲——概念圖——接圖之校核——二相錄捲接錄圖自繪法——三相星形錄捲接錄圖自繪法——三相網形錄捲接錄圖自繪法——庶極接法——單層疊形錄捲——同心圈錄捲——機槽與機齒——開朗槽與半封閉槽——半封閉槽錄捲——開朗槽錄捲	

第 四 章 轉子錄捲.....	51
錄繞轉子與鼠籠轉子——錄繞轉子——波形錄捲——正型波形錄捲——正型波形錄捲之電壓關係——正型波形錄捲接錄捷法——變型波形錄捲——錄繞轉子錄捲式樣——鼠籠轉子——鼠籠錄捲之電流路線——鼠籠錄捲電阻——轉子電阻與轉子電流之計算法——鼠籠錄捲之構造——鼠籠轉子槽數之選擇	
第 五 章 單相錄捲.....	78
單相感應電動機運用原理——單相電動機分類——錄捲式樣——外界電端接錄草圖——定子錄捲——繞錄方式——錄絞繞法——錄捲分佈法——錄絞繞入機槽之程序——推拒電動機錄捲——分相電動機錄捲——主要及啓動錄捲之接錄——模板繞法——啓動錄捲	
第 六 章 短距錄捲.....	97
縮短間距之優點——改極數而不變間距——短距因數——短距之效應——分佈因數——相絕緣——磁場圖形之描繪——短距所生效應之圖形表示	
第 七 章 分佈因數及其應用.....	122
集中錄捲——分佈錄捲及分佈因數——錄捲更改相數時電流束的變動情形——分佈因數之導出——分佈因數——圖解法——算術公式——二相分佈因數——二相庶極錄捲之分佈因數——三相分佈因數——三相庶極錄捲之分佈因數——單相錄捲之分佈因數——單相錄捲採用同心錄圈之理由——單相錄捲上短距因數與分佈因數之區別——分佈因數之應用	

- 第八章 電壓變更對於線捲接線之效應……………135
絕緣之校核——絕緣試驗——每匝伏特——電壓換算表用法——
不平衡電壓之效應——不平衡電壓之分解法——定子之單相運用
——轉子之單相運用
- 第九章 相數變更對於線捲接線之效應電壓及相數同
時變更之處理方式……………155
相數變更——丁字接法之缺點——電壓與相數之併合改變——旋
轉向之配合
- 第十章 頻率變更對於線捲接線之效應……………171
速率之校核——電壓與頻率之關係——轉矩，轉數與馬力之關係
- 第十一章 極數變更對於線捲接線之效應……………178
極數與電壓之關係——變更極數時之校核
- 第十二章 線捲改接綱要……………187
基本概念——銅絲及鐵心之切面積——線捲之發電機作用——間
距之變更——一切變更均可視同電壓變更——電壓變更——相數
變更——頻率變更——極數變更——馬力變更
- 第十三章 不均分組之分配方法……………204
不均分組——最小公倍法——不均分組線捲之平行路線——本法
之例外一：二相線捲——本法之例外二：三相線捲——不均分組表
之用法——不均分組之應用範圍——剖裂分組法
- 第十四章 雙速電動機……………235
雙速電動機——各物理量之關係——定轉矩接法——定功率接法

——二相雙速電機

第十五章 校正磁性側邊拉力之接線	243
電動機及發電機之磁性作用——穩定性磁力平衡——不穩定性磁力平衡——一路接法不能校正不平衡拉力——頂至頂接法的平行路線確有校正之作用——頂至底接法的平行路線無校正作用——校正作用最大之理想接法——均衡線——軸承磨蝕——電機具有自動校正之性能	
第十六章 感應電動機線捲故障之勘定法	256
喧聲與振動——電流及耗損之校核——故障十則——接地——短路——線圈反接——極相組反接——分組錯誤——一相反接——電壓錯誤——極數不符——斷路——故障校正法——故障之勘定程序	
第十七章 舊壳繞新線計算捷法	278
設計鳥瞰——設計要點——鐵心切面之校核——導線切面之計算滑環間之電壓——計算總論——計算簡表	
第十八章 電動機行為性能之計算	298
算法提要——磁場及激磁電流——漏磁係數——鐵損——電阻——圓圖製法——圓圖用法——線繞感應電動機之行為計算——鼠籠感應電動機之行為計算——額定容量之決定	
第十九章 二極至十四極疊形線捲之分組接線圖	247
第二十章 波形線捲接線圖	388
附 錄	401

第一章

感應電動機線捲之功用

任何電動機 (Motor) 的運用原理，不論直流電動機 (Direct-current Motor) 或交流電動機 (Alternating-current Motor) 簡單地講來，是由於磁路 (Magnetic Circuit) 和電路 (Electric Circuit) 的交互作用，因而產生了機械旋轉力。欲知機械旋轉力產生的原因和結果，我們必須先行研究磁路和電路的本質，和二者之間的關係。很久以前就有人知道把電流 (Current) 通入繞在磁性材料上的線圈來製造磁鐵 (Magnet)。嗣後又知道若把導線或線圈放在磁場裏而通入電流，則線圈上立即有機械力作用着，使線圈能夠在磁場內移動。製造磁鐵最簡單的方法是利用電流，而產生電流最簡單的方法又是利用磁鐵，所以現在我們也不必考慮電流和磁鐵之間究竟以何者為基礎以及應該以何者作為研究起點的問題了。惟有一件事情更為明顯，就是對於磁路和電路，銅絲所繞成的線圈 (Coil) 都是很重要的。交流電動機內線圈的式樣和組合的方式就是本書所要討論的主要課題。

直流電動機線捲之功用 在大家所熟知的直流並繞電動機裏面，有兩個不相關聯的線捲 (Winding)，各有其不同的功用。電機的定子 (Stator) 上面繞着並聯的場線圈 (Field Coil)，它的功用是在造成磁路 (或稱磁場)。電樞 (Armature) 上面却又另外繞着一套線圈，作為負載工作電流 (Working Current) 的電路。

電樞上的線圈除了負載電流的功用以外，還負有產生電壓 (Volt-

age) 的重要使命, 使所負工作電流的強度只以足夠產生需要的轉矩 (Torque) 為限, 不會無限制的增高。讀者試稍加思考, 便可明瞭這一現象的必然性了。5 匹 230 伏特電動機的滿載電流 (Full-load Current) 約在 20 安培之譜, 而電刷間所量得的電樞電阻 (Resistance) 僅有 0.3 歐姆。若別無原因, 則依據歐姆定律 (Ohm's Law), 電樞內所流通的電流應為 $230 \div 0.3 = 767$ 安培。不過,

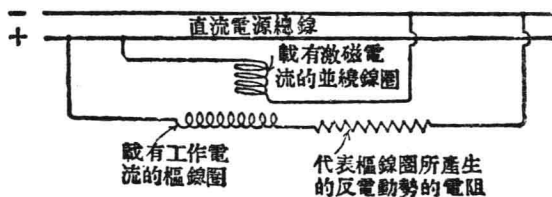


圖 1 直流電動機之接線及其功用

現在事實上却只有 20 安培的滿載電流, 按理只僅需 6 伏特的電壓即足夠使 20 安培的電流在銀捲中暢流。由此看來, 其餘的 $230 - 6 = 224$ 伏特勢必另被其他方式所吸收無疑。事實是這樣的: 電樞旋轉以後, 電樞上的線圈產生了 224 伏特的電壓和總線上 230 伏特的電壓相對抗, 只剩了 230 和 224 間的差額 6 伏特把所需的電流壓入電樞流通。這在電動機的電樞裏所發生的電壓名喚反電動勢 (Counter e. m. f., Back e. m. f.), 不論直流交流, 也不論任何種類, 只要是電動機, 反電動勢是必然存在的。

從上面所講的看來, 並繞直流電動機的二個線捲完成了三種任務: 第一, 場線圈生成了磁場; 第二, 電樞線圈負載了工作電流; 第三, 電樞線圈產生了一個和總線電壓相抗的反電動勢, 決定電樞內所流電流的數值, 也因而決定所生轉矩的大小。

這個情況可以用圖 1 抽象地表現出來, 產生磁場的並聯場線圈和負載工作電流的電樞線圈都已在圖中繪出。電樞產生反電動勢的作用本在限制電樞電流的強度, 所以圖上用了和電樞相串聯的電阻來代表。

同步電動機 同步式的交流電動機 (Synchronous Motor) 也有兩套鐵捲來完成上述的三大功用：第一是直流鐵捲，用來製造磁場；第二是交流鐵捲，用來負載工作電流；第三是交流鐵捲產生了一個幾和總線電壓相等的反電動勢。

圖 2 就表現了這一情況，磁路所需的直流電另由外界直流電源供給，定子上的交流鐵捲負載了工作電流，

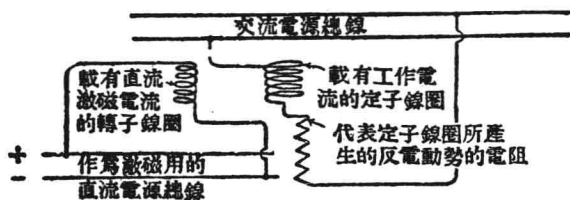


圖 2 交流同步電動機之鐵捲及其功用

如圖所示，而所產生的反電動勢則由串聯的電阻代表着。

感應電動機 交流感應電動機 (Induction Motor) 的情形亦復如此。定子和轉子 (Rotor) 上各備鐵捲一套，完成同樣的三個功用，可是其中有個小小的不同點值得注意。多相感應電動機的轉子鐵捲本是負載工作電流的，不過定子和轉子線圈之間却並無任何電性的連繫，所以轉子裏的電流只能由利用變壓器原副線圈的原理感應出來。定子鐵捲 (相當於變壓器的原線圈) 於是單獨地擔任了三個功用：第一，激磁電流 (Magnetizing Current) 在裏面流通着，生成了磁場，正和直流並繞電動機交流同步電動機的場線圈相同；第二，工作電流在裏面流動着，並藉了變壓器的原理感應入轉子鐵捲；第三，線圈裏產生了發電機作

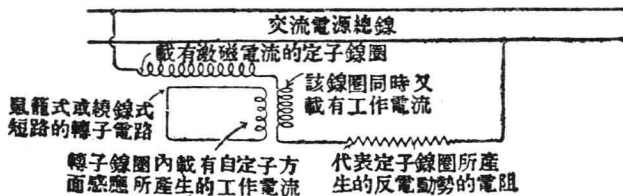


圖 3 交流感應電動機之鐵捲及其功用

用，造成一個對抗外加電壓而數值零低的反電動勢。

這一情況見圖 3。圖中項目和圖 1 圖 2 相似，不再重覆解釋。

因為三個功用都彙集在單獨的一套線捲身上的緣故，運用的情形若有改變——例如重繞線圈來適合不同相數不同速率等情形——這三個條件必須先行滿足，纔能使電動機的運用合乎常態不受影響。這就是說，導線的切面積必須足以負載激磁電流和工作電流的併合數值；匝數 (Turn) 必須足以產生所需的磁場強度，而磁場強度和匝數併合起來，又必須產生所需的反電動勢。這反電動勢在一切情形下都僅比外加電壓零小，計算電動機匝數時，多有作為發電機計算的，正是爲了這個理由。此法在本書內將普遍利用，并設法使之視同一種自然現象，而不擬以數學公式或繁複的向量或圓圖出之。

第二章

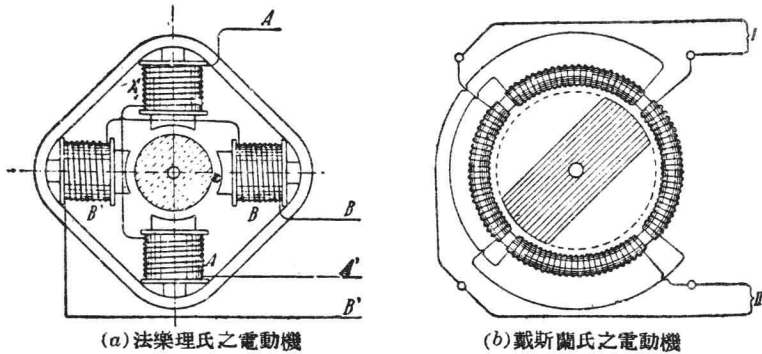
旋轉磁場

感應電動機發展簡史 電磁現象自俄人楞次^①(Змилий Христианович Ленц) 教授作深遠的研究，發明了楞次定律，決定了感應電動勢方向以後，夏谷弼(Борис Семенович Якоби)^② 氏於1839年首先付諸實用製造了第一座磁電式電動機，把電能換成機械能。有了這二人的成就作為基礎，於是法樂理(Galileo Ferraris)於1885年戴斯蘭(Nikola Tesla)於1886年不謀而合地發現了用交流電來產生旋轉磁場的法則奠定了多相感應電動機運用的原理。法樂理氏所創的電動機式樣見圖4(a)，該機係用顯極構造，極上繞以線捲 AA' 及 BB' 磁極之間放一銅筒如圖所示。線捲之中若通以相位不同的交流電流則圓筒便開始旋轉。戴斯蘭氏所製與此不同，他於鐵環上面繞以線圈如圖4(b)所示，上面也通以二相交流電，使中間的金屬板旋轉。但這兩種原始式樣離開能夠實際採用的境地尚遠，所以感應電動機的發明家仍不能不推杜布武斯基(М. О. Доливо-Любовольский)

① 楞次(1804—1865) 為俄國聖彼得堡大學教授，俄國院士，十九世紀偉大物理學家之一，對於現代電學理論多所闡發，並曾發現很多定律，不僅此處所說楞次的定律也。

② 夏谷弼(1801—1874) 偉大的俄國學者，發明家和實行家，夏氏是近代電機理論的奠基者之一，除去創造第一座電動機之外，並係近代電化學的鼻祖，發明了電鍍的方法，曾用來製造印鈔的銅鋅版。

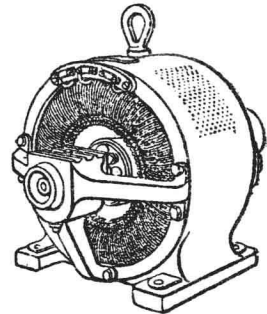
氏，^④杜氏於1889年首創鼠籠式感應電動機當即大量製造以供工業之用。他又首先覺察鼠籠機啓動性能惡劣，故於1893年更提議製造雙籠



(a) 法樂理氏之電動機

(b) 戴斯蘭氏之電動機

式感應電動機藉以提高啓動轉矩，杜氏所建議的式樣示於圖4(c)。自杜氏奠定了基礎以後，於是安諾德(Engelbert Arnold)，蒲獻洛(M. Boucherot)，戈巧詩(Hans Görge)，何霸德(Henry Hobart)，彭珈(Franklin Punga)，鄺熙岱(Rudolf Richter)諸人乃得承其餘緒，重加改進，遂使感應電動機能有今日之成就。



(c) 杜布武斯基氏之雙籠電動機

圖4 初期之感應電動機

感應電動機概說 電磁學上有兩個基本原則：

(一) 一個正在移動中的磁場切過一短路的線圈，則構成該線圈的導線裏面便有電流通過；

(二) 一根負有電流的導線位置於磁場中間，則該導線便能自動的

^④ 杜布武斯基(1862—1919)是俄國在十九世紀後半期傑出的電機工程師，是一個偉大的理論家，卓越設計師，孜孜不息的實驗家。杜氏是三相交流電的奠基人，曾創造三相感應電動機，三相變壓器，三相發電機及各種電機儀器和電計。

移動起來。

這兩個原則原係互相獨立不生連繫的，我們倘把它們併合起來應用便可製成圖 5 的一種儀器。在圖 5 中，試把鐵片疊成鐵心 A ，上鑽若干小孔而實以銅條 B ，其兩端另用銅圈 C 把各根銅條一併短路起來。鐵心的中央貫通以軸，使在軸承 D 內自由轉動。 E 是永久磁鐵，裝於另一軸上而可由皮帶輪 F 來旋動。磁鐵旋動以後，它的磁通切過了銅條 B ，於是根據上述第一原則銅條內便流通有電流。但同時則因該負有電流的銅條又復處於原磁場的影響之下，故根據上述第二原則必立即開始與磁鐵作同向的移動。所以旋動了磁鐵，鐵心也必然跟隨了一同旋轉。但圖 5 的試驗雖饒有興趣而實則毫無所用，因為它只能把磁鐵上的動能轉移至鐵心上去，成爲一種傳導機械，而不能成爲拖動機械。多相感應電動機的運用即由此推演出來，不過它廢棄了永久磁鐵而另用方式使線捲內的電流所產生的磁場自行具有旋轉的性能，完全不用機械力來旋動，如此一來，鐵心旋轉原理雖然不變，而儀器的性質却已不同，

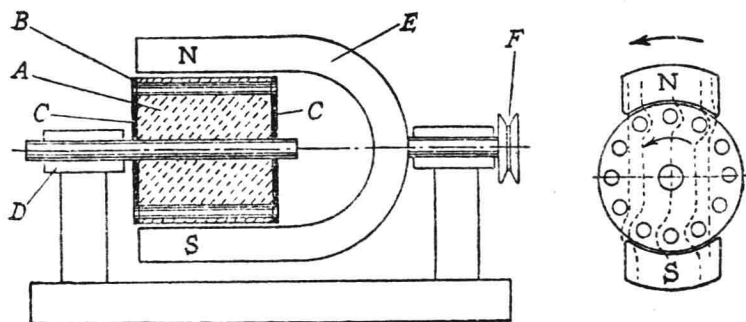


圖 5 鐵心隨磁極旋轉之原理

因為它已能把電能轉換爲機械能成爲一具拖動機械了，旋轉磁場是多相感應電動機運用原理的主要部份，現在把它闡明如次。

交流磁力表示法 單相 (Single Phase) 電路中有交流電流在流

通着。交流電流的頻率 (Frequency) 若為 60 週，則在一秒鐘內電流到達零值共計 120 次，到達正向的最高值 60 次，到達負向的最高值又 60 次。試在每秒 60 次的循環中提出其一週，而把時間這一物理量劃在橫線上。又在橫線的上下方劃出直立的直線，作為電流的強度。這樣

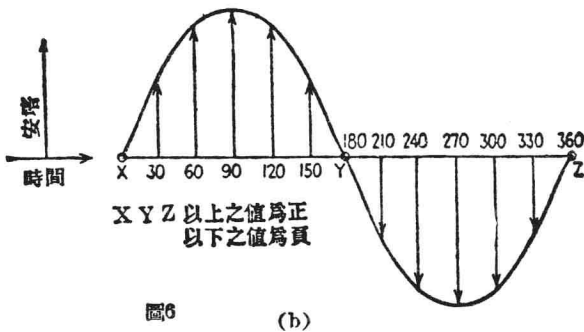
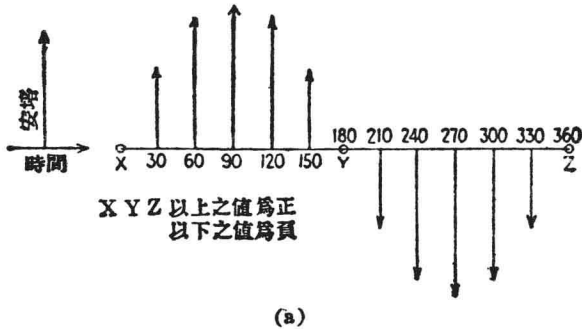


圖6

的圖形見圖 6a，其他各週的圖形和此相同。把各直線的頂端用曲線聯起，就獲得了圖 6b 的形式，這種曲線便是三角學上很有名的正弦曲線 (Sinusoidal Curve)。有了正弦曲線，求取每一時刻上的電流強度，就可不費吹灰之力。正弦曲線的作圖法如下：栓住具有箭頭的向量 (Vector)，如圖 7 的一端，並把它依了反鐘向的方向旋轉起來。向量旋轉一周，共經 360 度，若把 360° 的弧長輾成直線，如圖 6a 的 XYZ，

則直線 XZ 即代表 360° ——照電機工程名詞講來，稱做 360° 電度 (Electrical Degree)。更把 XZ 平分為 12 等份，則每一等份勢必代表 30° ，如圖 7。電流強度可以用旋轉性箭頭在 YY 直線上所擲射影的長度來代表。在 30° 度上，電流強度即是圖上所標“30 & 150”直立箭頭的長度。向量轉至 150° 度位置上所得長度與 30° 度所得的相同。同理，標着“60 &

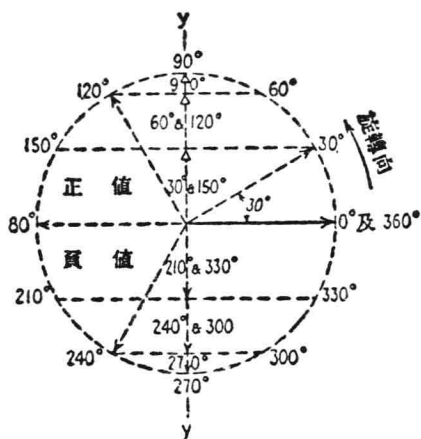


圖 7 正弦曲線繪法

120”垂直箭頭的長度代表了向量在 60° 度和 120° 度時電流的強度；標着“90”的垂直箭頭的長度代表了向量垂直立着時電流的強度。唯有這時，直立箭頭的長度即等於向量本身的長度 1；在其他各點上（除掉 270° 度上的一）電流的強度一律比 1 為小。直立箭頭和旋轉箭頭（即向量）的長度之比值，在三角學上稱作向量和橫線所成角度之正弦 (Sine)。舉個例子，在 30° 度和 150° 度上，直立箭頭的長度是旋轉箭頭長度之 $\frac{1}{2}$ ，在 60° 度和 120° 度上，這比值是 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 或 0.866。同理，在 210° 度和 330° 度上，比值是 $-\frac{1}{2}$ ，在 240° 度和 300° 度上，比值是 -0.866 。從第六章第三表的正弦函數內，就可知這些比值正是 $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ 等的自然正弦函數。

單相及多相交流電表示法

上面講明了單相交流電怎樣可用圖

8 一類的圖形來表示。圖 9 顯示了二相 (Two-phase) 交流電的圖形。二相電流可說即等於兩個單相電流的併合，不過這二個單相電流在時間上面相差了四分之一週罷了。假若 A 相的電流在 0° 度上開始自零值