

電機修理概論

王季梅編譯



龍門聯合書局發行

電機修理概論

王季梅編譯
何金茂校對

龍門聯合書局發行

論概修理機電



究必印翻 所有權版

譯者	者	王	季	梅
校者	者	何	金	茂
出版者	者	嚴	幼	芝

上海龍	龍	龍	龍	龍
電話	電話	電話	電話	電話
三〇〇	三〇二	三〇七	三〇七	三〇七
弄	弄	弄	弄	弄
三	七	七	七	七

上海龍	龍	龍	龍	龍
電話	電話	電話	電話	電話
二一〇	二一〇	二一〇	二一〇	二一〇
號	號	號	號	號
四	四	四	四	四

上海龍	龍	龍	龍	龍
電話	電話	電話	電話	電話
二六八	二六八	二六八	二六八	二六八
號	號	號	號	號
六	六	六	六	六

龍門	龍門	龍門	龍門	龍門
聯合書	聯合書	聯合書	聯合書	聯合書
局	局	局	局	局
各地	各地	各地	各地	各地
分	分	分	分	分
局	局	局	局	局
東安門	東安門	東安門	東安門	東安門
大街	大街	大街	大街	大街
82	82	82	82	82
號	號	號	號	號
琉璃廠	琉璃廠	琉璃廠	琉璃廠	琉璃廠
103	103	103	103	103
號	號	號	號	號
西單	西單	西單	西單	西單
福源	福源	福源	福源	福源
商場	商場	商場	商場	商場
6	6	6	6	6
號	號	號	號	號
太原	太原	太原	太原	太原
街	街	街	街	街
40	40	40	40	40
號	號	號	號	號
羅斯福	羅斯福	羅斯福	羅斯福	羅斯福
路	路	路	路	路
308	308	308	308	308
號	號	號	號	號
太平	太平	太平	太平	太平
路	路	路	路	路
267	267	267	267	267
號	號	號	號	號
中山	中山	中山	中山	中山
一路	一路	一路	一路	一路
318	318	318	318	318
號	號	號	號	號
漢民	漢民	漢民	漢民	漢民
北路	北路	北路	北路	北路
204	204	204	204	204
號	號	號	號	號
江漢	江漢	江漢	江漢	江漢
一路	一路	一路	一路	一路
3	3	3	3	3
號	號	號	號	號
東大	東大	東大	東大	東大
街	街	街	街	街
281	281	281	281	281
號	號	號	號	號
平海	平海	平海	平海	平海
路	路	路	路	路
102	102	102	102	102
號	號	號	號	號
府正	府正	府正	府正	府正
街	街	街	街	街
36	36	36	36	36
號	號	號	號	號
台北	台北	台北	台北	台北
衡陽	衡陽	衡陽	衡陽	衡陽
路	路	路	路	路
12	12	12	12	12
號	號	號	號	號

基本定價伍元

外埠酌加郵運費

一九四九年八月初版

一九五〇年八月再版

00744

05313

05133

鍾 序

當茲盛倡發展生產，繁榮經濟之際，輕重工業之建設益見重要。如言工業，工廠馬達電機之設置最為普遍。欲求經營企業化，則其平日之整修問題不容忽視。但我國電機理論書籍出版雖多，而實驗修理著作獨付缺如。既乏參考，遂使工廠在電機發生故障時，處理困難。苟非束手，即屬修復遲緩，影響生產，莫此為甚。王君季梅在交大電機實驗室執教多年，平日對於電機故障問題，研究有素，今將美國 Stubbings 氏著作 *The Diseases of Electrical Machinery* 節要翻譯，復參以平日心得，完成“電機修理概論”一書。敘述淺顯，解釋詳明，其補充電機學識，俾益生產，效果之大，可以預期。凡屬電機部門之工人、學生、技師、專家允宜常備此書，俾作南針。殺青之日，王君索序於余，合亟綴拾數言，以為介紹。

鍾 兆 琳

一九四九年七月廿三日寫於交大

自序

電機書籍出版可謂不少矣！惟察其內容，以偏重於理論者為多，而有關修理之著作則付缺如，編者有鑒於斯，乃編譯“電機修理概論”一書，以供電機技師等之參考。

此書編制簡單易解，使讀者一目瞭然。讀者僅需了解電機基本原理已足，無需專深之理論準備。本書凡分十章，第一章簡述電機之基本原理，俾便查考，第二章敘述各種試驗，其後各章論述軸承、換向器、直流發電機、直流電動機、三相感應電動機、單相電動機及控制器件，末章討論靜電學等補充材料。

是編依據 *The Diseases of Electrical Machinery* 一書為主，間亦參以個人之經驗。校對之勞恭請何金茂先生担承，特此誌謝。譯文不當及謬誤遺漏之處，在所不免，尙望國內專家與讀者教正。

編譯者序於上海

目 錄

第一章	基本原理	1
第二章	試驗	19
第三章	軸承	28
第四章	換向器，電刷及集流環	33
第五章	直流發電機	42
第六章	直流電動機	32
第七章	三相交流感應電動機	63
第八章	單相電動機	75
第九章	控制器件	81
第十章	雜項討論	87
	附索引	92

第一章 基本原理

確實了解電機之初步理論實為尋獲電機障礙及分析電機障礙原因之最大幫助，所以本章我們以簡明方法說明發電機，電動機(馬達)，變壓器及電機上用各項控制機件之基本理論。

電能之產生係由導體在磁鐵所產生之磁場中移動所致。即假設磁鐵有許多磁力線分佈於空間其方向從磁鐵之北極至南極，當一導體向磁力線分佈方向垂直移動時，將磁力線切割，則有一感應電壓產生於導體上，此即為電能之來源。所以任何發電機主要皆分為兩部分：一為磁鐵部份，產生磁場者。另一為導體部分即電樞，產生感應電壓者。

直流發電機磁場為固定其導體環繞於一鐵芯上形成一轉動之電樞。但交流發電機一般常與直流電機構造相反即磁場為轉動部分稱謂轉子而電樞為固定部分稱謂定子。

法拉特定律(Faraday's Law)

此基本定律包括一切電機作用之說明。即若磁場強度恆定

時一導體所產生之感應電壓與導體切割磁力線速率成正比或此磁場與一導體以繼續相對轉動時，而其速率不變，則所產生之電壓與磁場之強度成正比即磁力線之多寡成正比。假使合成公式表示之，即 $E = K \phi n$ ， E 為感應電壓， ϕ 為磁力線數， K 為常數， n 為轉速。

楞次定律 (Lenz's Law)

一導體與磁場相對運動時即產生一感應電壓，若導體兩端接一適當之電阻，則有一電流流出，此電流與磁場作用而產生一力其方向與運動方向相反。

換言之，若一導體置於磁場間及外加一電流通過此導體，則有一力發生使導體與磁場之磁鐵產生一相對運動。

交流發電機

交流發電機為產生電能最簡單之一種電機，若有一兩極性之磁鐵（如馬蹄形磁鐵等），其兩極間置一開口之線圈，而此線圈繼續在兩極間旋轉運動，則可產生一感應電壓，若開口兩端接一對滑流環，環上觸以炭質電刷，則電流可由此電刷兩端引出。線圈每轉一轉交變電流方向一次，此種電流稱謂交流電。

流，若電流流出端設為正極，則另一端為負極，這樣每秒鐘正負交變次數稱謂週率 (Cycles)。此週率以一對磁極計算即等於每秒鐘轉數，若為兩對磁極，則週率數等於每秒鐘轉數加倍，所以交流發電機之電壓及週率與轉速成正比。同時電壓又與導體數及磁場強度成正比。

交流發電機磁場為轉動部分，導體為靜止部分。此為一般大型發電機之通常排列。

磁場之產生

小型電機及特種電機常以永久磁鐵作為發電機之磁場外，普通電機之磁場皆由電磁鐵上繞以線圈通以單相電流即直流電流所產生，此直流電流用作產生發電機之磁場者稱謂激磁電流，在直流發電機中此電流可由電機本身供給，但在交流發電機中必須外接一直流電源供給之，此種供給直流電的特別發電機稱謂激磁機。

三相交流發電機

上述所討論之交流發電機，僅包括一簡單電路，其電壓先自零開始起，以後逐漸增加至最大正值，復由此最大值回降至

零，再逐漸相反方向增加至負值最大電壓而再回至零，這樣繼續循環交變發電，吾人稱謂單相發電機。而大多數交流發電機如上述者分繞成三個電路，每個電路互相相差 120 度位置，故轉動時，每個電路所產生之感應電壓最大值皆相差 120 度時間角度。此類發電機吾人稱謂三相發電機，通常這三個線圈三端連在一起稱謂中和點(neutral)，其他三端供給三相交流電流。

相序(Phase Sequence)

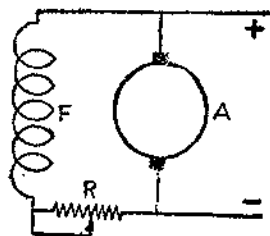
三相交流電源三端間依時間次序產生最大正值電壓之輪轉順序，即稱謂相序，通常以色擇表之即紅，白，藍，(或紅，黃，藍)，標準規定此色擇表記以藍色最大正電壓置於紅色前面，所以順序排列應藍，紅，白，藍……等，但普通為記憶便利起見以紅，白，藍作為順序。

交流發電機供電端順序皆依賴電機本身轉動方向而決定，而供電端三引線相序依接電源之相序為相序，因此，假設供電端三引線從三相電機接出為正確的，則其相序記號書為『R，W，B』順序即紅，白，藍。若任意交換三引線之二根，如 W，B 對調，則相序成為 R，B，W，R，B，W 與前述者相反，成倒轉相序。總之『交流三相電源三引線之任意一對交

變，即可更換相序之次序。』

直流發電機

直流發電機場鐵為固定，電樞為旋轉，電樞由導體繞製於鐵芯上自成一封閉線圈，此封閉線圈每隔相等距離點引出一線捲頭銲接於銅片條環上，此銅片條環稱謂換向器與電樞一齊轉動，因此在換向器上觸以固定位置之電刷即可引出直流電流。



第一圖

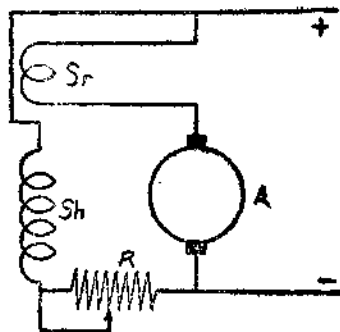
分激發電機 (Shunt-Wound Generator)

一直流發電機以電機本身供給激磁電流者稱謂分激發電機，如圖一為此類電機之線路圖，A為電樞及電刷，F為激磁線捲，R為調節電阻，『+』及『-』為供給外用電源。

當電機有負載時，電流自『+』及『-』端輸出，則端電壓有降低之趨勢，因為受電樞及電刷之電阻降壓，此降壓可調節磁場電阻R，加強激磁電流而恢復之。

複激發電機 (Compound Generator)

直流發電機如負載逐漸增加時，則端電壓逐漸降低，若在電網端另插一線捲使所流之電流為負載電流，其磁場強度隨負載增減而增減，因此能自動調整端電壓。此線捲吾人稱謂串激線捲。圖二，所示為此類電機之線路圖， S_h 為分激線捲及 S_r 為串激線捲載負載電流者。一發電機有兩種激磁線捲者通稱謂複激發電機。



第二圖

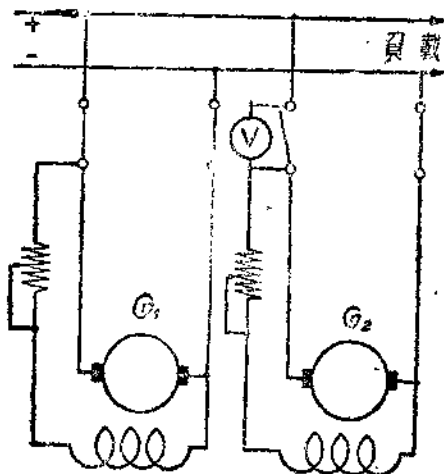
並聯供電 (Parallel Operation)

當兩俱或兩俱以上發電機聯合供給電能負載時，即稱謂『並聯供電』。許多發電機聯合接於一對共同導體上稱謂總電排 (Bus Bar)，再由總電排引至供電線路，交流發電機僅較大之發電所有並聯供電情形，所以本章暫不加討論。

直流發電機並聯法

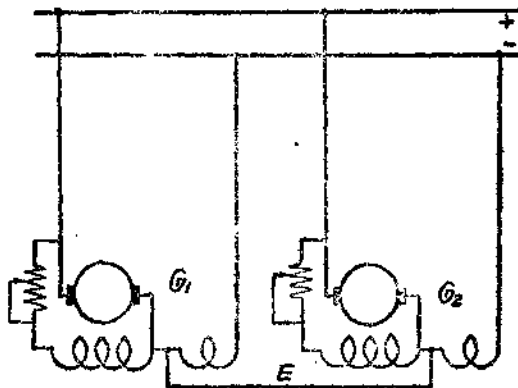
若一分激發電機已在供給負載，而另一發電機欲並聯上去供電，則應附合下列二條件，第一，並聯上去的那俱發電機端

電壓應與已在供電之發電機端電壓完全相等。第二，正負極性應一致，即正極接正極，負極接負極，圖三為兩發電機並聯圖。 G_1 為已有負載之電機， G_2 為欲加上之電機， V 為電壓表用以核對並聯電



第三圖

壓及極性。當 V 之讀數等於零時，表示條件已符合，可將主開



第四圖

關按上，此時 G_2 雖已並聯，但負載為零，若逐漸減弱 G_1 之磁場強度，則負載逐漸移向 G_2 ，因 G_2 之端電壓高於 G_1 故也。

若兩者磁場強度適度調節可獲得兩機之需要負載分佈。

複激發電機並聯不如上述簡單，假若一發電機之串激線捲作用略大於另一發電機時，則此發電機即自動增加負載。但負載一增加串激線捲作用更大，負載又續增加，故使負載分佈甚不穩定。為免避此種不穩定現象起見，吾人可另加置一根均壓線 (Equaliser) 如圖四 E 所示，若遇此情形時，則均壓線即載有一部分分流電流，自一發電機流向另一發電機，經另一發電機之串激場捲至負載，使負載分佈自動調整，以保持恆定。

變壓器 (Transformer)

變壓器為變換交流電壓之電機，其構造包括一鐵芯及二線捲，其中一線捲接通電源稱謂初級捲，另一線捲供給負載稱謂次級捲，其原理解釋如下：當初級捲接通交流電源後，即有交變磁通產生於鐵芯中，而此交變磁通使初次級捲各產生一感應電壓，其大小與初次級捲匝數成正比，所以初次級捲電壓比等於初次級捲匝數之比。圖五為此類變



第五圖



第六圖

壓器之線路圖。另一種變壓器以初級捲中一部分線捲代替次級

者稱謂自耦變壓器，如圖六所示。其電壓之比即等於二線捲匝數之比。

電動機 (Motor)

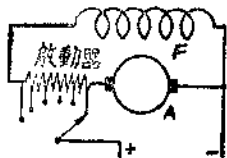
若兩發電機並聯時，其中一俱發電機原動力如移去，則此發電機仍能繼續轉動，因瞬時即吸取電能從另一俱發電機而自身成爲電動機作用。但普通之發電機不宜倒轉運用當作電動機工作。

直流分激電動機

依理論言，一分激發電機同時可作一電動機用，如上節所述，但此電動機以應用原來發電機端電壓時，因電樞內阻關係則其電流不足拖動負載除非提高端電壓。

直流電動機之反電動勢在轉動情形下與供電電壓近乎相等，僅相差極小部分電樞及電刷降壓，假定電動機之磁場強度以調節磁場電阻使之變弱，則反電動勢降低，同時電流流入即增加，直至電動機轉動速率自動提高再使此反電動勢逐漸恢復爲止，如反過來加強磁場強度，則可使轉動速率由反電動勢作用使之降低，因此直流電動機之轉速可調節磁場電阻以控制之。

若磁場強度不變，則此電動機由零載至滿載其速率近乎為恆定。直流電動機在未轉動時，其反電動勢等於零，故直接通以供電電壓啓動電動機時，則有數十倍全載電流流入電樞，足使電樞受損甚致燒燬，其理由因電樞本身之電阻甚小。因此在啓動電動機時應另加一啓動電阻串接於電樞，以阻止過大之電流通入，稍等電動機速率漸漸增加後即電動



第七圖

機本身產生一反電動勢後，然後慢慢將此啓動電阻減少直至等於零，其接線圖如圖七所示。此串接啓動電阻常用一彈簧及一電磁鐵控制，如電源中斷時，即回復電阻最大位置，以保護電動機重新啓動。

直流電動機之轉矩與磁場強度及電樞電流成正比，當啓動時，所需之電流稱謂啓動電流，此時所發生之轉矩稱謂啓動轉矩，啓動一分激電動機時，磁場強度為恆定，所以啓動轉矩與啓動電流成正比。

串激電動機

此類電動機之磁場線捲與電樞成串聯，所以磁場強度隨電樞電流增加而增加，若啓動電流增加二倍，則啓動轉矩增加四

倍，所以串激電動機有較佳之啓動轉矩，但其速率爲非恆定。在輕負載時，電樞之電流很小，磁場變爲甚弱，則轉速甚高。於重負載時，速率則大降，因磁場強度甚高。

複激直流電動機

一直流電動機同時俱有分激及串激磁場線捲者稱謂複激電動機。若其兩線捲作用爲一致，即當電樞電流增加時磁場總強度亦隨之增加，則其啓動轉矩隨負載增加而增大，但轉速則略降低。此類複激電動機吾人稱謂助複激電動機。若兩磁場作用相反，則負載增加時，轉速反增加，因總磁通減弱故也。此類複激電動機吾人稱謂差複激電動機。實際應用甚稀。

間極(Interpole)

當一發電機或電動機之電樞有電流通過時，則電樞本身成爲一電磁鐵，即有磁場分佈於原來磁極間，使換向器與電刷間發生一極大之火花，可使換向作用發生嚴重之打擊，若在原來磁極間插入『間極』，上繞以線捲與電樞串連，即可避免此種弊病，電動機之間極應與原來磁極極性相反才有效果。

調換直流電動機方向