



實用電工業書



直流電機

下 冊

黃煥焜編譯



商務印書館



王國松主編

實用電工叢書

直 流 電 機

下 冊

黃煥焜 編 譯
曾繼國 校 訂

商 務 印 書 館

實用電工叢書序

這部叢書，是浙江大學的幾位同志在課餘時間中依照柯尼氏電氣技術學校所編著的應用電工叢書而編譯的，惟在內容方面則稍有增刪。這部叢書的主要優點，在於非常實用，不涉高深理論，以很淺近的解釋來說明各種電機電器的運行原理，以及電機電器的維護與修理。因此它不僅是學習電氣技術者的良好的自學資料，同時也可作為其他工程工作人員在工作中查考之用。我想這部叢書的出版，對於科學技術知識的普及和解決工作中的問題，一定可以起一些作用。為了使這部叢書的收效更大，內容更充實而適合於我國情況起見，希望讀者能多多提供意見，以為修訂時的參考。

王國松 1953 年 浙江大學

實用電工叢書總目

(王國松主編)

電學與磁學原理	陳津侯編譯 楊傑校訂
直流電機 上下冊	黃煥焜編譯 曾繼鐸 俞國順校訂
交流電路與同步發電機	馬大強編譯 黃煥焜校訂
變壓器	馬大強編譯 黃煥焜校訂
交流電機及整流設備 上下冊	田春蔭等編譯 俞國順等校訂
電機繞組	馬大強編譯 曾繼鐸校訂
屋內佈線	曾繼鐸編譯 馬大強校訂
電燈	沈慶核編譯
電表	黃煥焜等編譯 曾繼鐸校訂
電話淺說	陳津侯編譯 楊傑校訂
電氣信號	陳津侯編譯 楊傑校訂
電廠設備	曾繼鐸編譯
汽車用電設備	沈達寬編譯 梁守榮校訂
電冰箱	馬元驥編譯 徐紀楠校訂
電冰箱的修理	馬元驥編譯 徐紀楠校訂
空氣調節裝置	馬元驥編譯 徐紀楠校訂

目 錄

第一章 緒論	1
第二章 直流發電機	5
1. 發電機的定額	5
2. 運用溫度	5
3. 發電機的速率	6
4. 傳動方式	7
5. 直流發電機的構造	8
6. 機架	8
7. 磁極	10
8. 電樞	11
9. 整流子	11
10. 電刷	12
11. 握刷器	14
12. 軸承	17
第三章 直流發電機的運行原理	19
1. 發電機的磁路	21
2. 激磁	22
3. 在發電機中電壓的建立	24
4. 電壓不能建立	25
5. 電壓的調節和調整率	25
6. 中性面	26
7. 電樞反應	27
8. 電樞電阻和銅耗	29
9. 電刷與供電線上的電壓降	30
10. 發電機的式樣	30
11. 並激發電機	31

12. 並激發電機的電壓特性曲線	33
13. 串激發電機	34
14. 串激發電機的電壓特性曲線	35
15. 串激磁場分接器	35
16. 複激發電機	36
17. 積複激和差複激發電機	39
18. 平複激發電機, 電壓特性曲線	39
19. 過複激發電機, 電壓特性曲線	40
20. 差複激發電機	41

第四章 發電機的運用.....44

1. 原動機馬力的計算	44
2. 發電機開動前的檢查	46
3. 發電機的開動	47
4. 發電機在運用時要當心的事項	48
5. 直流發電機並聯運用(並車)	48
6. 並聯運用的主要法則	49
7. 極性錯誤的校正	51
8. 複激電機做並聯運用	51
9. 作並聯運用的電機必需有相似的電壓特性曲線	52
10. 發電機複激作用的試驗和調節	52
11. 均壓連接線	53
12. 均壓開關的位置	55
13. 發電機並聯所用儀表的連接法	56
14. 發電機的開動、並車和負載調節	57
15. 三線直流制	57
16. 中性線的電流數值和方向	59
17. 平衡系統比較經濟	60
18. 三線發電機	60
19. 平衡(抗流)線圈的原理	61
20. 三線發電機的負載不平衡	62

21. 三線電動機發電機組,或稱均衡機組	63
22. 均衡機的並激磁場和串激磁場的作用	64
23. 不相等負載的均衡	65
第五章 整流作用、間極和電刷	67
1. 整流的步驟	67
2. 電刷必須準確地放在中性面上	69
3. 無間極電機的移刷	70
4. 整流極(間極)的作用和它的極性	72
5. 整流極的強度跟負載而變	74
6. 調節間極電機上的電刷位置	75
7. 調節間極的氣隙	76
8. 電動機的整流作用	77
9. 電動機中性面的位置	78
10. 電動機間極的極性	79
11. 電刷	82
12. 電刷的必要條件	83
13. 電刷的材料	84
14. 一般的電刷材料、電刷的電阻	85
15. 用在猛烈任務的硬電刷	86
16. 電流容量較大的軟電刷	86
17. 特殊電刷	87
18. 電刷壓力	87
19. 電刷的銅鑲	88
20. 膠住銅鑲的物質	89
21. 調換和選購電刷	90
22. 在整流子上配裝新電刷	91
第六章 直流電動機	93
1. 直流電動機的式樣	98
2. 電動機的速率和馬力	99
3. 速率調整和速率控制	100

4. 電動機的伏特、安培和馬力定額	101
5. 電動機的轉矩、速率和馬力	102
6. 電動機的轉動方向	102
7. 電動機的反電勢	103
8. 在電動機開動時電樞電路的電阻	105
9. 反電勢對電動機速率的影響	106
10. 直流電動機的特性	107
11. 並激電動機	107
12. 並激電動機的開動轉矩	108
13. 並激電動機的停頓轉矩	108
14. 並激電動機的速率調整	109
15. 並激電動機的速率控制和應用	110
16. 串激電動機	110
17. 串激電動機的開動轉矩	110
18. 串激電動機的停頓轉矩	111
19. 串激電動機的速率調整	112
20. 串激電動機的速率控制	113
21. 串激電動機的用途	113
22. 複激電動機	114
23. 複複激電動機的開動和停頓轉矩	115
24. 複複激電動機的速率調整和應用	115
25. 差複激電動機	116
26. 差複激電動機的開動和停頓轉矩	117
27. 差複激電動機的速率調整和應用	117
28. 電動機的掣動試驗	122
29. 馬力計算	124
30. 電動機的效率	125
31. 效率計算	126
第七章 直流電動機的開動器和控制器	129
1. 開動電動機所需的時間	130

2. 電動機的開動變阻器	131
3. 控速變阻器	131
4. 直流電動機速率控制法	132
5. 電樞電阻控制速率	133
6. 磁場電阻控制速率最為經濟	134
7. 直流電動機的控制器	136
8. 構造概要	137
9. 三點和四點開動器	137
10. 無壓和無磁釋放線圈	139
11. 開動期間中開動電阻在磁場電路之外	140
12. 停止一只電動機	140
13. 開動器接線頭和接線法	141
14. 調速控制器	141
15. 磁堆開動器	145
16. 磁堆控制器的電路	147
17. 自動開動器	148
18. 遙遠控制	149
19. 自動控制器的運用	149
20. 減流電阻	151
21. 停轉電動機	152
22. 緩衝筒	152

第八章 磁力開動器

1. 開動時間依開動電流而定	156
2. 過載防護	157
3. 熄弧線圈	158
4. 鼓形控制器	160
5. 簡單的鼓形控制器	161
6. 電動機的反轉	168
7. 鼓形反接開關	169
8. 鼓形反接控制器	170

9. 鼓形控制器的構造	173
10. 反轉和控速的鼓形控制器	174
11. 順轉、開動	176
12. 控制速率	177
13. 反轉位置	178
14. 動力掣動	180
15. 再生掣動	186
16. 起重機的控制	187
第九章 直流電機的維護	191
1. 清潔的重要性	191
2. 油對電機的損害	192
3. 軸承和潤滑	193
4. 保持軸承良好潤滑	196
5. 繞組溫度	197
6. 電機不要碰到水	197
7. 電刷的調節和雲母的刻低	198
8. 整流子表面的修整	200
9. 控制器的維護	201
10. 過載防護裝置的維護	202
11. 電動機不能開動的普通故障	202
12. 電動機啓步太快的原因	203
13. 電動機轉動方向相反的原因	204
14. 電動機開動很慢而功率不夠的原因	204
15. 電動機轉動不穩定的原因	206
16. 電動機速過高的原因	206
17. 電刷發生火花的原因	206
18. 電機過熱的原因	206
19. 不正常的噪音	208
20. 發電機電壓不能建立的故障	208
21. 發電機電壓調整率太差	209

22. 發電機不能並聯運用的故障	209
23. 系統化的試驗	210
24. 試燈、蜂聲器和久磁試驗器的用途	211
25. 便攜式伏特表和安培表的用途	212
26. 溫度表	213
27. 速率表	213
28. 試驗絕緣電阻的重要性	214
29. 維護工作中所用的一般工具	216
30. 噴燈的運用和維護	220
31. 電動機的選擇和裝置	221
32. 電機的維護工作表	223
附錄 直流電動機的故障表	226

第七章 直流電動機的開動器和控制器

直流電動機的控制設備有兩種普通的類型；一種專作開動之用，而另一種可以承擔開動的任務，同時可以在電動機運行時控制它的速率。

$\frac{1}{4}$ 馬力以下的電動機可以直接把它接到供電線上來開動，因為它的電樞既小又輕，很快就能達到全值速率；所以，開動電流的衝激不會支持太久而使繞組過熱的。

中型或大型的直流電動機決不可直接用全值線電壓來開動，要這種電動機的電樞加速和產生必需的反電勢來減小過大的開動電流，是需要較長的時間的。如果把這些電樞在開動時，直接接在全值線電壓，開動電流的衝激可能要超出 10 倍於額定電流的數值。這很大的電流就會使電樞繞組過熱，同時由這電流而起的強大磁場，以及線圈，企圖急使電樞加速到全值速率，而加在槽上的機械力也可能使線圈絕緣受到損害。

因此，開動一只直流電動機時，它的電樞電路裏必須串接一只開動電阻；這電阻，要等到電樞加速到全值速率，而它本身已經建起了有保護作用的反電勢時，方可割出。當電流通過這電阻時，產生了充分的電壓降落，因此，加在電樞上的電壓祇是供電線電壓的一小部分。圖 68 表示開動電阻跟電動機電樞串接的方法。

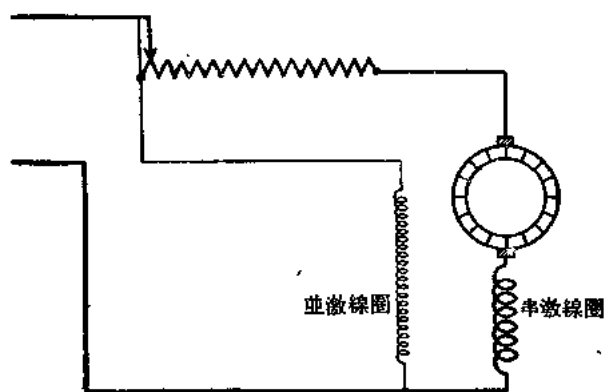


圖 68. 直流電動機開動電阻的連接法。

開動電阻通常都是這樣連接的：當電動機速率上昇時，它可以從電樞電路中逐步劃出，而當達到全值速率時，電阻全部劃出。

直流電動機的開動電流應該限制於滿載電流的 $1\frac{1}{2}$ 到 $2\frac{1}{2}$ 倍。因此，所用的開動變阻器必須有適當的電阻數值和電流容量。

1. 開動電動機所需的時間 在電動機開動期中，開動電阻逗留在電樞電路裏的時間是依據電動機的大小和所接負載的性質來決定的。一只接有重負載的電動機自然需要更多的時間，方能達到全值速率，同時電動機的電樞越大，達到全值速率所需的時間也越長。

平常的電動機，一般需要 15 到 30 秒。但是，這並不是一個嚴格的規定，因為開動一只電動機應需的時間，主要是操作人員

的觀察和判斷的問題；有經驗的操作人員可以從電動機的聲音辨別出它是否達到全值速率。

在開動和運轉各種不同的電動機的操作中，可以獲得判斷各種不同電動機所需的開動時間的實際經驗。主要的是電動機開動起來時，要仔細注視和傾聽它的情況；但不可以使電阻逗留在電路中的時間過長，否則，電阻就可能過熱而至於損壞。

2. 電動機的開動變阻器 開動電阻或變阻器，正像它的名稱所指明的，決不可以在電動機運轉之後，作調節速率之用。開動電阻祇是依據在短時間內承荷電樞電流而設計的，當電動機開動後，就應該把它劃出電路。如果拿它來調節速率而長期留在電路中的話，很可能過份發熱而燒斷電阻絲，造成了變阻器的斷路。

用在小型電動機上的開動電阻，通常是鐵線或鎳鐵的合金線做成的線圈。這種線圈繞在一片絕緣板，如石棉板或石板上。各匝之間需有一定的距離，使勿短接。在線圈的若干點上各引一支抽頭，接到開動器面板上的若干固定接觸鈕上。然後，由一個有移動接觸的移動臂將電阻在電機速率上昇時，逐步劃出。

3. 控速變阻器 控速變阻器可以用來開動電動機，同時也可以在任何期間用來控制它的速率。這種變阻器是由較粗的、較長的電阻線做成的，可以長期承荷電樞電流，不致於過熱和損壞。

在有些場合，控速變阻器所用的電阻是由粗鐵線做成的；但

用在中型或大型電動機上的，通常是由鑄鐵柵或鐵鎳合金的柵做的。較好的控速變阻器，一般採用鐵鎳合金。

4. 直流電動機速率控制法 並激或復激電動機的速率，可以用一只跟並激磁場串接的變阻器來控制，接線方法如圖 69 所示。改變磁場變阻器的電阻，就改變通過電動機磁場線圈裏的電流。如果把磁場減弱，電樞的反電勢便暫時降低，而讓更多的電流通入電樞。這就使電動機速率上昇，直到在這減弱的磁場下產生的反電勢回復到正常數值時為止。如果電動機的磁場增強，電樞裏的反電勢暫時增大，以使通過電樞裏的電流減小，於是降低速率，直到在這增強的磁場下產生的反電勢重新回復正常數值為止。

用並激磁場變阻器祇能增加電動機的速率高於它的正常速

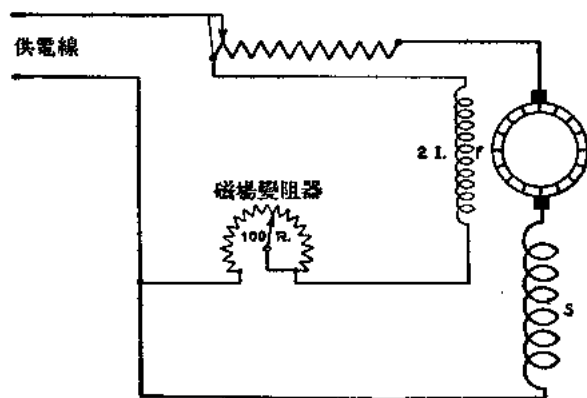


圖 69. 開動電阻和磁場變阻器在復激電動機上的接線圖。

率。當磁場像剛才所說的那樣被減弱時，電動機的轉矩是跟着速率的增加而減小的。但是，馬力輸出仍保持近於不變，因為馬力是跟速率和轉矩成比例的。

例如，如果某一隻電動機正常轉動於每分 1,000 轉的速率，而在一定長的轉臂的一端產生 10 磅的轉矩，則速率和轉矩的乘積是 $1,000 \times 10 = 10,000$ 。現在，如果把這電動機的速率增到每分 2,000 轉，即正常速率的二倍，轉矩將與速率成反比，而降到 5 磅，即原來數值的一半。此時，速率乘轉矩等於 $2,000 \times 5 = 10,000$ ，仍同前面一樣。

沒有間極的電動機，平常不應以高於正常額定速率 65—70% 以上的速率運轉；而有間極的電動機的速率變化可能大到 6 比 1。

磁場控速是直流電動機速率控制方法中頂經濟的一種，因為電動機的馬力輸出實際上保持不變，而磁場變阻器上所損耗的電功率也小。

任一電阻上變成熱量的電功率損耗，等於電流的平方乘電阻，即 $I^2 R = W$ 。

例如，假定圖 69 所示的磁場變阻器的電阻是 100 歐姆，而電動機所需的磁場電流是 2 安培；那末，磁場變阻器上的損耗功率將是： $2^2 \times 100 = 400$ 瓦特。

5. 電樞電阻控制速率 直流電動機的速率，也可以用一隻變阻器跟電樞串接來控制，接線情形如圖 70 所示。在這情形中，

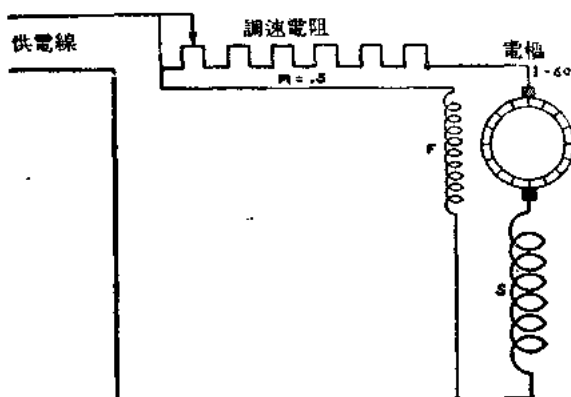


圖 70. 電樞電阻控制速率的接線圖。

電樞變阻器祇是在電樞電流通過時產生一部分的電壓降落，以變更加在電樞上的電壓。

用這種方法控制速率時，電動機的並激磁場的強度是不變的，因為它直接跨接於供電線路上，而不受電樞電阻的影響（參考圖 70）。

當割入電樞變阻器的電阻，以減少電樞外施電壓時，電動機的電樞電流和速率都將減低。因為任一電動機的轉矩是跟着電樞電流和磁場磁通的乘積而變的，電樞電流一有變更，電動機的轉矩和速率就起了相對應的變化。當電動機慢到一個速率而它的反電勢重新平衡着外施電壓時，電流和轉矩將重新回復到速率變化前的數值。

6. 磁場電阻控制速率最為經濟 用電樞電阻來控制速率是很浪費功率的，因為很大的電樞電流要通過電樞上的控速變