

大學叢書

直流電機原理

下 冊

蘭司獨夫著

顧毓琇譯

商務印書館出版

TM330.1
L1:2

大學叢書
直流電機原理

下 冊

蘭司獨夫著
顧毓琇譯

北方工业大学图书馆



GJ000067



商務印書館出版

目 錄

第一章 定律及定義

1-1. 引言	1
1-2. 磁鐵, 磁場	1
1-3. 單位磁極	4
1-4. 磁場強度, 勻布與不勻布磁場	5
1-5. 磁力線及磁力管	6
1-6. 磁導係數	9
1-7. 應電流及電勢	10
1-8. 應電勢之方向	12
1-9. 磁場中電流發生之力之方向	12
1-10. 電流在磁場中發生之力	15
1-11. 單位電流, 單位電量	19
1-12. 應電勢之大小	19
1-13. 電阻, 歐謨定律, 焦耳定律	23
1-14. 電勢與電位差	27
1-15. 普通化之歐謨定律	29
1-16. 啓旭夫定律	32
1-17. 磁位	40

1-18. 等位線與等位面	43
1-19. 圓線圈之磁場強度	43
1-20. 螺管軸上之磁場強度	44
1-21. 圓圈軸上之磁位	46
1-22. 任何形狀之線圈在任何點之磁位之一般方程式	47
1-23. 磁勢	49
1-24. $B-H$ 曲線	51
1-25. 磁滯	57
1-26. 磁路定律及磁阻	60
1-27. 磁路定律之應用	61
1-28. 自感	65
1-29. 互感	68
1-30. 磁場之儲能	71
1-31. 電磁鐵之曳引力	72

第二章 電機

2-1. 電機,發電機與電動機	80
2-2. 簡單交流發電機之電勢	83
2-3. 交流發電機電勢之一般情形	85
2-4. 交流電勢之矯正	87
2-5. 分布線捲之效用	88
2-6. 直流電樞之平均電勢	90

2-7. 電勢脈振之量	92
2-8. 樞捲之電阻	96
2-9. 電機之構造	96
2-10. 雙極及多極機	98
2-11. 整流器	98
2-12. 電樞鐵心, 渦流	100
2-13. 齒及齒槽之形式	102
2-14. 磁極鐵心及極靴	103
2-15. 軛	104
2-16. 電刷, 刷握, 及搖環	105
2-17. 電動發電機組, 發電電動機	106
2-18. 渦輪發電機	108
2-19. 整流磁極電機	109
2-20. 單極電機	110
2-21. 電機之磁激	111
2-22. 別激	111
2-23. 自激	112
2-24. 串激	112
2-25. 分激	114
2-26. 複激	115
2-27. 磁場捲之構造	117
2-28. 磁場變阻器	120

2-29. 發電機之極性.....	121
2-30. 電動機迴轉之方向.....	122

第三章 電樞線捲

3-1. 電樞之各式.....	127
3-2. 線捲之各式.....	129
3-3. 環捲與鼓捲.....	129
3-4. 線捲單位.....	133
3-5. 摺捲及波捲.....	134
3-6. 所需之電刷組數.....	138
3-7. 單重捲與多重捲, 重入次數	139
3-8. 一般討論.....	142
3-9. 導線數, 線捲單位數與整流片數	142
3-10. 線捲節距, 整流節距與槽節距.....	143
3-11. 磁場位移	144
3-12. 電樞路之數	146
3-13. 普通定則	147
3-14. 重入次數之通則	151
3-15. 線捲定則摘要	152
3-16. 線捲單位之構造	154
3-17. 單重摺捲與波捲實例	156
3-18. 多重線捲實例	161

3-19. 雙整流器線捲	164
3-20. 等位或均壓連接	165
3-21. 多重捲中之均壓連接	170

第四章 場捲及樞捲之磁化效應

4-1. 磁化曲線及飽和曲線	177
4-2. 主要磁路	178
4-3. 飽和曲線之實驗測定	179
4-4. 磁化曲線及飽和曲線之預定	182
4-5. 磁漏	184
4-6. 電樞之磁化作用	186
4-7. 整流	188
4-8. 電樞反作用之組合成分	189
4-9. 交磁與去磁安匝數	190
4-10. 多極機中之交磁與去磁作用	191
4-11. 反安匝去磁作用之改正式	194
4-12. 樞流所生磁場之形狀	198
4-13. 總磁場分布概況	199
4-14. 交磁化之去磁成分	200
4-15. 有載狀況時所需之磁激	201
4-16. 磁流分布之實驗決定法	205
4-17. 電位曲線	206

4-18. 氣隙中磁流分布之預定法	207
-------------------------	-----

第五章 磁化曲線及漏磁之預計法

5-1. 總論	212
5-2. 氣隙所需之安匝數	212
5-3. 極弧之改正	215
5-4. 軸長之改正	216
5-5. 齒部所需之安匝數	217
5-6. 樞心所需之安匝數	221
5-7. 極心與極靴所需之安匝數	221
5-8. 軛部所需之安匝數	221
5-9. 漏磁之簡單公式	222
5-10. 電機極數甚少時之磁散係數	225

第六章 發電機之運用特性

6-1. 用途需要	231
6-2. 特性曲線	232
6-3. 調整	233
6-4. 別激發電機之特性曲線	233
6-5. 旋轉速度對於外特線之影響	238
6-6. 負載特線	239
6-7. 電樞特線	240

6-8. 串激發電機之特線	241
6-9. 特線形狀依速度之關係	242
6-10. 穩定運用之條件	243
6-11. 定流之調整法	244
6-12. 分激發電機之特線	246
6-13. 特線形狀依速度之關係	251
6-14. 特線形狀依分激場捲阻之關係	252
6-15. 分激發電機特線之近似數學分解	253
6-16. 複激發電機之特線	257
6-17. 串聯分流器	260
6-18. 數發電機合用之連接法	261
6-19. 屠利電系	261
6-20. 發電機之並行運用	263
6-21. 三線發電機	267
6-22. 提利爾調整器	272
6-23. 反電勢調整器	274

第七章 電動機

7-1. 用途需要	279
7-2. 反電勢,轉力及功率	279
7-3. 電動機之起動	284
7-4. 別激電動機之特線	286

7-5. 分激電動機之特線	290
7-6. 串激電動機之特線	292
7-7. 複激電動機之特線	296
7-8. 電動機特線之比較	300
7-9. 起動變阻器之分組	301
7-10. 手動羅盤式起動電阻器	309
7-11. 鼓式控制器	311
7-12. 自動磁性起動器	312
7-13. 反電勢, 倒轉電動機	322
7-14. 差複激電動機之起動	324
7-15. 分激電動機速度之控制	325
7-16. 分激及複激電動機之應用	332
7-17. 串激電動機之應用	334
7-18. 串激電動機特線之方程式	335
7-19. 電氣鐵道電動機之工作週	345
7-20. 混聯控制法	347
7-21. 電氣鐵道之控制器	349
7-22. 電動機加速及減速之力學	354
7-23. 電動機加速所需之時間	356
7-24. 電動機速度之減小	361
7-25. 動力制動法, 再生控制法	363
7-26. 飛輪之均載作用	365

7-27. 數電動機負載之分擔	366
-----------------------	-----

第八章 整流

8-1. 基本觀念	370
8-2. 整流理論之物理基礎	372
8-3. 電感理論用於簡單環捲之通用方程式	373
8-4. 基本之數學關係	375
8-5. 通用方程式之討論	377
8-6. 火花標準之修改式	379
8-7. 直線整流	381
8-8. 整流片之電流密度一般情形	383
8-9. 電刷局部電流密度之變化	387
8-10. 其他各例	387
8-11. 相鄰線圈之同時整流	389
8-12. 一槽內數線圈短接之各形相	392
8-13. 波捲中之選擇整流	396
8-14. 短接之時間	396
8-15. 刷寬對於平均電抗電壓及大概整流情形之影響	397
8-16. 刷寬間位落之變化	402
8-17. 整流電勢, 電抗電壓及電刷位落之關係	403
8-18. 整流磁場之脈振	408
8-19. 短接電流對於主磁場之反作用, 飛閃	409

8-20. 火花常數	411
8-21. 樞磁理論	412
8-22. 有槽電樞中自感係數 L 之計算法	413
8-23. 互感係數 M 之計算法	420

第九章 整流裝置,補償捲及整流極

9-1. 電機無輔助裝置時之整流	425
9-2. 最早時之整流裝置	429
9-3. 補償原則	431
9-4. 補償線捲	432
9-5. 整流極	435
9-6. 氣隙間之磁流分佈	437
9-7. 整流極之線捲	438
9-8. 整流極之複激作用	440
9-9. 整流極機之磁漏	442
9-10. 整流極對於線圈自感之影響	443

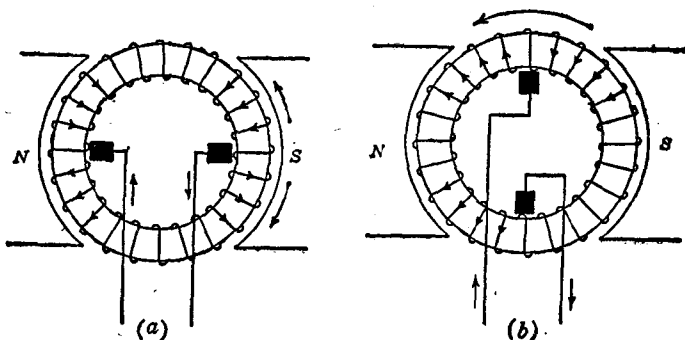
第十章 效率,定額及發熱

10-1. 慣例及測定效率	445
10-2. 直流發電機及電動機之損耗	448
10-3. 恆電位恆速度電機之效率及損耗	450
10-4. 變換之效率,電氣與機械效率	457

10-5. 最大效率之條件	458
10-6. 最大效率點之所在	461
10-7. 全日效率	462
10-8. 變磁流變速度電機中之效率及損耗	463
10-9. 電阻耗	465
10-10. 鐵心耗	468
10-11. 機械耗	476
10-12. 負載雜流耗	478
10-13. 定額及容量	480
10-14. 溫度限制	482
10-15. 美國電機製造業公會之定額	486
10-16. 鐵道電動機之發熱	487
10-17. 整流限制	488
10-18. 過速限制	489
10-19. 出量方程式	489
10-20. 發熱及降冷曲線	491
10-21. 電樞之發熱	495
10-22. 場圈之發熱	499
10-23. 整流器之發熱	500
10-24. 封閉式電動機之定額	501

第十一章 昇壓機及平衡機,列車電矧制

11-1. 昇壓機	504
11-2. 串激昇壓機	504
11-3. 分激昇壓機	505
11-4. 恆流昇壓機或單向昇壓機	507
11-5. 雙向昇壓機	510
11-6. 昇壓機之輔助控制	511
11-7. 赫巴特反電勢制	511
11-8. 恩芝制	512
11-9. 畢蕉制	514
11-10. 平衡機	515
11-11. 列車電矚	516
11-12. 列車電矚制中之電壓調整法	518
11-13. 電阻調整法	518
11-14. 發電機磁場調整法	519
11-15. 磁場與線路調整法	521
11-16. 利用電樞反作用之調整法	524
11-17. 盧森堡列車電矚發電機	524
11-18. 盧森堡電機作為電動機之運用法	531
11-19. 盧森堡發電機之改良	532
11-20. 第三電刷式之發電機	534
11-21. 特種弧銲發電機	549
11-22. 分磁極發電機	551



第 233 圖 電刷位置對於轉力之影響

傾向；但如同圖(b)，樞流軸與磁流軸成直角時，則相當於任一電流之轉力為最大。

反電勢與速度 在一別激或分激電動機中，加於電樞外端之電壓，必須勝過反電勢及樞捲電阻與電刷觸阻之位落。

$$\therefore V = E_a + i_a r_a \quad (1)$$

其中

$$E_a = \frac{p}{a} \frac{\Phi Z n}{60 \times 10^8}$$

在串激與外分捲複激式之電動機中，另有串聯場捲之阻落，故

$$V = E_a + i_a (r_a + r_f) \quad (2)$$

在內分捲複激電動機中，其關係則為

$$V = E_a + i_a r_a + i r_f \quad (3)$$

一般而論，則

$$V = E_a + i_a r' = \frac{p}{a} \frac{\Phi Z n}{60 \times 10^8} + i_a r' \quad (4)$$

或

$$n = \frac{V - i_a r'}{\frac{\Phi Z'}{60 \times 10^8}} \quad (5)$$

其中

r' = 電樞及其串聯電路之電阻

$$\text{而} \quad Z' = \frac{p}{a} \frac{Z}{60 \times 10^3} \quad (6)$$

從此更可知

$$i_a = \frac{V - E_s}{r_a'} \quad (7)$$

此方程式，對於電動機之起動，甚關緊要，後當論述之。

方程式(1)，(2)，(3)，及(4)內所含電樞阻落及與其串聯之一部分場捲之阻落，在負載安全範圍內，與其外加電壓相較，皆甚渺小。蓋不然，則阻落與電流相乘所得之能耗將使電動機之效率，減至甚低，且同時發生非常之熱，而電機之安全負載量，亦因以減低。電樞阻落，如以外加電壓之百分數表之，則機器愈大，其值愈小。故約略言之，反電勢約與外加電壓相等而方向相反。此為各式電動機之基本原理，即交流電動機，亦正相同。大抵電動機均由恆位線供給電流，故其所發生之反電勢在工作範圍之內，常能保持，近乎不變。然吾人又知在同一設計之電機中，反電勢乃與每極之磁流及速度成比例，故在運轉狀態時，如磁流不變(或幾乎不變)則此電動機之速度亦將不變；反之，如磁流變動，則速度亦將變更，其值約依磁流變更之反比而定。

此類結論，可與由發電機特性所推斷之結果比較之。蓋別激，分激及平復激諸式之發電機當速度固定時，如磁流不變，端電壓亦將保持不變。但於串激發電機，則磁流時有變更，而端電壓亦因之而變。由是觀之，發電機與電動機間可得一相反關係，即發電機內之電壓適與電動機中之速度有相反之關係。

自方程式(5)，可知如外加於電樞之電壓不變，而磁流 Φ 減至甚小，

則速度將增高至危險值。換言之，電動機將『跑散』而損壞。此種現象，在下列情形中可得：(1)分激機之場路，因斷線或鬆接而開斷；(2)串激機之串捲忽受短接。蓋任何電動機之速度，皆有一天然傾向，即使反電勢近於外加電壓之值，故磁流減低，速度即增高。

轉力與功率 將方程式(4)乘以 i_a ，遷項後，則得

$$V i_a - i_a^2 r' = E_a i_a \quad (8)$$

式中 $V i_a$ 代表供給於電樞之功率，而 $i_a^2 r'$ 則為樞路電阻之熱耗。 $E_a i_a$ 則為兩者之差，故當為電樞所發生之機械功率。但所發生之機械功率，並非盡屬可用；因其中一部分將消耗於軸承與電刷之磨擦，空氣阻力，及樞心與極面中之磁滯，渦流諸損失。

若 P = 電樞所發出之總機械功率，以瓦計，

T = 轉力，以達駮(dyne cm.) $\div 10^7$ 計

$$\therefore P = E_a i_a = 2 \pi \frac{n}{60} T \text{ 瓦} \quad (9)$$

或

$$\begin{aligned} T &= \frac{60}{2 \pi n} E_a i_a = \frac{60}{2 \pi n} \frac{p}{a} \frac{\Phi Z n}{60 \times 10^8} i_a \\ &= \frac{60}{2 \pi} Z' \Phi i_a \end{aligned} \quad (10)$$

其中 Z' 之意義，如方程式(6)所示。上列之轉力單位不甚實用，今試各表以磅米(kg.-m.)，磅呎(lb.-ft.)，與磅吋(lb.-in.)單位，則得

$$\begin{aligned} T &= \frac{60}{2 \pi} \times \frac{10^7}{980 \times 10^8 \times 10^2} Z' \Phi i_a = 0.975 Z' \Phi i_a \text{ 磅米} \\ &= \frac{60}{2 \pi} \frac{10^7}{980 \times 453.6 \times 30.48} Z' \Phi i_a = 7.05 Z' \Phi i_a \text{ 磅呎} \\ &= 84.6 Z' \Phi i_a \text{ 磅吋} \end{aligned} \quad (11)$$