

實用電工學

下 冊

葉慶桐 王乃觀編譯

龍門聯合書局出版

弁 言

本書下冊中，我們把原著作了兩個比較重要的更動：一是將 60 週頻率改為 50 週的標準頻率；一是將我國比較不通用的電壓值改為通用的。前者引起了同步速率方面的變更；後者當然直接影響輸配電制度。我們相信這樣做對讀者是有些好處的。

與之相應的，例題幾乎都重算過；習題中有關的數字也作了修改。至於資料方面，也盡我們所能，加以修訂。極小部份由於我們的孤陋寡聞，找不到適用的，暫時祇好沿用原引數據。我們竭誠希望讀者協助。

此外，原著說理不明處，錯誤疏漏處和須要補充處，凡譯者所見到的，都已改善。

總之，正像譯者在表現形式方面將別國的改變為本國的一樣，在內容方面我們也嘗試着這樣做。這是種“新”瓶裝“新”酒的工作，我們不敢說已有所成就，但的確是朝着這個方向努力的。

謝謝錢曉舟、楊欣榮兩先生的校閱以及陳俊雷、薛志驥兩先生的幫助。對供給資料的許多朋友也謹致謝意。

目 錄

第二十七章、交變電壓與電流.....	261
27-1. 簡單交流發電機.....	261
27-2. 波形	263
27-3. 示波器.....	263
27-4. 頻率.....	264
27-5. 振簧式頻率計.....	266
27-6. 電流與電壓的平均值.....	266
27-7. 交流的有效值.....	267
27-8. 正弦波形交流之有效值的計算.....	267
27-9. 非正弦波形交流之有效值的計算.....	269
27-10. 符號.....	269
27-11. 交流電路用的伏特計與安培計	269
習題.....	271
第二十八章 交變電流與電壓的表示	274
28-1. 多極交流發電機所生的電勢.....	274
28-2. 電工度.....	274
28-3. 交變電壓與電流的矢量表示.....	274
28-4. 頻率相同的兩交變電壓之和.....	277
習題.....	279
第二十九章 交流電路.....	281
29-1. 阻抗.....	281

29-2.	電感电路中的交變電流	281
29-3.	電感电路中電壓與電流間的關係	283
29-4.	電感电路中的功率	284
29-5.	機械方面的例證	285
29-6.	電感电路與無感电路的例子	286
29-7.	電阻电路中的電壓、電流與功率	288
29-8.	電阻與電感相串聯	289
29-9.	功率因數(力率)	291
29-10.	瓦特計	292
29-11.	操作開關時的暫流	294
29-12.	容電器與電容	296
29-13.	直流與交流的電容电路	298
29-14.	電容电路中電壓與電流間的相角	299
29-15.	電容电路中電壓與電流間的關係	300
29-16.	平行板電容	302
29-17.	電容电路中的功率	303
29-18.	各種电路問題中所用的公式	303
29-19.	用容電器提高功率因數	304
29-20.	電阻與電容相串聯	305
29-21.	電阻、電感與電容相串聯	307
29-22.	電阻、電感與電容相並聯	310
29-23.	兩阻抗相並聯	313
29-24.	單相輸電線路	315
29-25.	交流电路的複量解法	318
29-26.	矢量的相加與相減	318
29-27.	矢量的相乘	319
29-28.	矢量的相除	322
29-29.	交流电路常數的總結	324

習題.....	328
第三十章 交流發電機與多相電路.....	336
30-1. 單相發電機.....	336
30-2. 二相發電機.....	338
30-3. 三相發電機.....	340
30-4. 星芒形(Y形)接法.....	343
30-5. 三相三線線路上的三角形(Δ 形)連接負載.....	344
30-6. 星芒形連接發電機的電壓、電流與功率.....	345
30-7. 三相三線制上負載的連接.....	347
30-8. 三角形連接的發電機.....	349
30-9. 三角形連接發電機的電壓、電流與功率.....	349
30-10. 三相與二相比較.....	352
30-11. 三相四線電路中功率的量度.....	352
30-12. 三相三線電路中功率的量度——負載平衡.....	353
30-13. 平衡三相負載的瓦特比率-功率因數圖.....	355
30-14. 一般三相三線電路中功率的量度.....	357
30-15. 三角形連接制.....	358
30-16. 交流發電機的仟伏安定額.....	358
30-17. 星芒形與三角形負載間的等值關係.....	359
30-18. 三相制中用電容器提高功率因數.....	362
30-19. 旋轉磁場式交流發電機.....	364
30-20. 汽輪發電機.....	366
30-21. 旋轉電樞式交流發電機.....	367
30-22. 感應體發電機.....	368
30-23. 永磁發電機.....	369
習題.....	370

第三十一章 變壓器	375
31-1. 理想變壓器	375
31-2. 漏磁通	379
31-3. 標準變壓器中的漏磁電抗	381
31-4. 感應電爐	382
31-5. 定流變壓器	383
31-6. 變壓器中電壓與磁通密度間的關係	384
31-7. 變壓器的效率	385
31-8. 磁滯損失	386
31-9. 渦流損失	386
31-10. 鐵損失(鐵心損失)	386
31-11. 全日效率	386
31-12. 變壓器的等效電阻與電抗	388
31-13. 百分電抗	390
31-14. 電壓調變率	391
31-15. 變壓器的冷却	392
31-16. 變壓器的型式	393
31-17. 自耦變壓器	396
31-18. 變壓器電壓的控制	396
習題	398
第三十二章 變壓器連接法	401
32-1. 變壓器的極性	401
32-2. 單相配電變壓器	401
32-3. 二相線路上的變壓器連接法	402
32-4. 三相線路上的變壓器連接法	403
32-5. 變壓器雙星(Y-Y)接法	403

32-6. 變壓器雙三角(Δ - Δ)接法.....	404
32-7. 變壓器星三角(Y- Δ)接法.....	405
32-8. 開三角(V形)接法.....	406
32-9. 星芒形與三角形接法的比較.....	408
32-10. T形接法——二相變成三相.....	410
習題.....	411
第三十三章 多相感應電動機.....	413
33-1. 感應電動機.....	413
33-2. 旋轉磁場.....	414
33-3. 三相電動機的旋轉磁場.....	415
33-4. 多極電動機.....	415
33-5. 驅動轉矩.....	417
33-6. 轉差率.....	418
33-7. 開動轉矩.....	419
33-8. 開動轉矩與轉子電阻的關係.....	421
33-9. 高電阻型轉子.....	422
33-10. 繞線轉子式感應電動機.....	423
33-11. 需調速的工作.....	424
33-12. 具有高開動轉矩的雙鼠籠型轉子.....	425
33-13. 裝開動心子的感應電動機與四端環鼠籠式感應電動機.....	426
33-14. 感應電動機的矢量圖.....	427
33-15. 感應電動機的功率因數.....	429
33-16. 高電抗型鼠籠式感應電動機.....	429
33-17. 開動多相感應電動機.....	431
33-18. 各型鼠籠式感應電動機應用場合的比較.....	432
33-19. 感應發電機.....	433

83-20. 移刷多相感應電動機.....	434
習題.....	435
第三十四章 交流發電機特性.....	439
34-1. 電樞反應.....	439
34-2. 交流發電機的矢量圖.....	441
34-3. 交流發電機的電壓特性曲線與電壓調變率.....	442
34-4. 交流發電機同步電抗的實驗決定法.....	444
34-5. 自動電壓調整器.....	447
34-6. 效率.....	449
34-7. 三相發電機的捷路電流.....	450
習題.....	451
第三十五章 多相同步電動機 諸交流發電機的並聯運用.....	454
35-1. 同步電動機的作用原理.....	454
35-2. 機械方面的比擬.....	455
35-3. 同步電動機的反電勢.....	455
35-4. 同步電動機的矢量圖.....	456
35-5. 最大輸出量.....	457
35-6. 欠激與超激時同步電動機的作用.....	458
35-7. 用同步電動機提高功率因數.....	459
35-8. 諸交流發電機的並聯運用.....	461
35-9. 整步.....	462
35-10. 交流發電機運行中負載與功率因數的控制.....	463
35-11. 追逐振動.....	465
習題.....	466
第三十六章 多相電動機的應用與控制.....	469
36-1. 同步電動機.....	469

36-2.	單相電動機	470
36-3.	感應電動機	471
36-4.	繞線轉子電動機的調速運用	472
36-5.	移刷多相感應電動機	472
36-6.	變壓開動器	473
36-7.	星三角 (Y- Δ) 開動法	474
36-8.	繞線轉子式電動機的開動器	475
36-9.	開動同步電動機	47

第三十七章 單相電動機 477

37-1.	單相感應電動機	477
37-2.	單相感應電動機的運轉轉矩	477
37-3.	單相感應電動機的剖相開動法	478
37-4.	容電器開動的感應電動機	478
37-5.	容電器開動暨運轉的感應電動機	479
37-6.	單相串激電動機	479
37-7.	電樞反應	481
37-8.	推斥感應電動機	482
37-9.	單相感應電動機各種開動法的比較	484
37-10.	單相同步電動機	484
	習題	486

第三十八章 換流與整流設備 487

38-1.	換流的需要	487
38-2.	電動發電機組	487
38-3.	升壓機組	488
38-4.	旋轉換流機(同步換流機)	488
38-5.	電動發電機組與旋轉換流機的比較	490

38-6.	熱游子整流器	491
38-7.	用兩隻整流器的全波整流	492
38-8.	熱游子整流器的效率	493
38-9.	真空式熱游子整流器的應用場合	493
38-10.	充氣式熱游子整流器	494
38-11.	汞弧整流器	494
38-12.	多相汞弧整流器	496
38-13.	汞弧整流器中的回弧	498
38-14.	發火管	499
38-15.	其他整流器	500
	習題	501
第三十九章 交流輸電與配電		502
39-1.	發電廠的廠址	502
39-2.	輸電與配電	502
39-3.	實際應用的電壓數值	503
39-4.	單相與三相輸電的比較	504
39-5.	輸電線路的電容	505
39-6.	避雷器	506
39-7.	薩拉特避雷器	507
39-8.	自動閘避雷器	507
39-9.	開關	508
39-10.	架空線路構造	512
39-11.	地下線路構造	512
39-12.	表用互感器	512
39-13.	直流瓦時計(電度表,火表)	513
39-14.	交流瓦時計	515

39-16. 電驛器(繼電器,替續器)	516
習題	517

第四十章 電照明..... 518

40-1. 白熾	518
40-2. 燭光	519
40-3. 流明	519
40-4. 鎢絲白熾燈	520
40-5. 串聯鎢絲路燈	521
40-6. 碳弧燈	522
40-7. 選擇輻射	523
40-8. 螢光燈(日光燈)	524
40-9. 汞氣燈	527
40-10. 顏色	527
40-11. 眩光	528
40-12. 影	528
40-13. 燈罩與反光器	529
40-14. 利用因數	529
40-15. 房間指數	531
40-16. 燈具的間隔	531
40-17. 一個點源的直接照明	532
習題	533

第四十一章 熱游子管與光電管..... 539

41-1. 三極熱游子管或三極管	539
41-2. 熱游子管放大器	541
41-3. 變量器耦合放大器	542
41-4. 飯極電阻	545

41-5.	電阻耦合放大器	546
41-6.	熱游子管振盪器	547
41-7.	四極管與五極管	548
41-8.	放大器與振盪器的功率供應	550
41-9.	推挽式放大器	550
41-10.	閘流管	551
41-11.	光電管	552
41-12.	其他光電管	554
41-13.	基本的電子定時電路	554
第四十二章 實驗教程		557
42-1.	電路中電流的控制	557
42-2.	實驗 1. 用伏特計-安培計法量度電阻	557
42-3.	實驗 2. 量度電樞電路的電阻	558
42-4.	實驗 3. 直流分激電動機的速率調節	558
42-5.	實驗 4. 直流發電機的電壓	559
42-6.	實驗 5. 各種直流發電機的電壓調變	560
42-7.	實驗 6. 各種直流電動機的制動試驗	560
42-8.	實驗 7. 各種直流電動機的開動轉矩試驗	561
42-9.	實驗 8. 直流電動機的損失與效率	561
42-10.	實驗 9. 直流發電機的發熱試驗	562
42-11.	實驗 10. 三線制的電壓調變	562
42-12.	實驗 11. 熔線試驗	563
42-13.	實驗 12. 断路器的校驗	563
42-14.	實驗 13. 電阻、感抗與容抗隨頻率而起的變化——並聯諧振	564
42-15.	實驗 14. 串聯諧振電路	565
42-16.	實驗 15 變壓器的效率與電壓調變率	565

42-17. 實驗 16. 變壓器連接法.....	566
42-18. 實驗 17. 交流發電機的電壓調變.....	567
42-19. 實驗 18. 多相感應電動機的開動與運轉特性曲線	568
42-20. 實驗 19. 同步電動機的開動與運轉特性曲線.....	569
42-21. 實驗 20. 旋轉換流機的特性曲線.....	571
附 錄.....	i
中英名詞對照	vi

第二十七章 交變電壓與電流

27-1. 簡單交流發電機。 假使圖 27-1 中的線圈 $abcd$ 在磁極 N 與 S 間旋轉，導體 ab 和 cd 切割磁力線，則在線圈兩端 f 與 g 間有一個

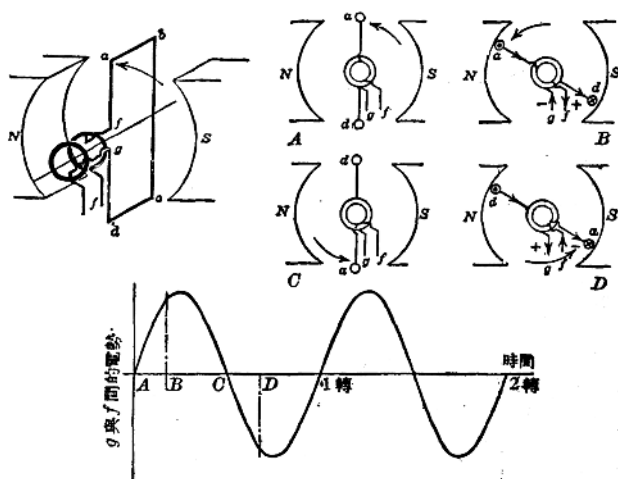


圖 27-1. 簡單兩極交流發電機。

交變電勢發生。每根導體中電勢的方向可由右手定則(註)求得；圖 A、B、C 和 D 表示導體在不同位置(對磁極而言)時的電勢方向。圖 A 中，

註。右手定則如下：

拇指——導體對磁場而言的運動方向，

食指——磁力線方向，

中指——電勢方向。

各導體並不切割磁力線，所以 f 與 g 間的電勢是零。圖 B 中，各導體中電勢的方向是驅使電流從 f 經由外電路流到 g 的，所以 f 是電機的正端， g 是負端。圖 C 中， f 與 g 間的電勢又是零。圖 D 中，各導體中電勢的方向是驅使電流從 g 經由外電路流到 f 的，所以現在 g 是正端，而 f 是負端。由上所述，可見連接 f 與 g 的外電路中的電流是交流；換言之，電在電路中來回流動。

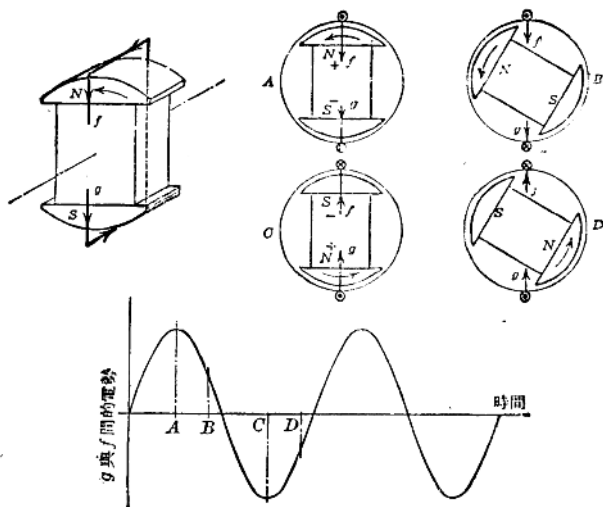


圖 27-2. 兩極旋轉磁場交流發電機。

⑤

如果以 f 與 g 間的電勢為縱標，以時間為橫標，描繪曲線，可得圖 27-1 所示的形狀。

大型交流發電機一般把導體造成固定，把磁場造成旋轉，如圖 27-2 所示。圖 A 、 B 、 C 和 D 所示是不同瞬間各導體中電勢的方向，可由右手定則求得。但須注意：在旋轉磁場電機中，拇指所指方向與磁極的運動方向正相反對；因為根據定則，拇指所指應當是導體相對於磁極的運動方向。

27-2. 波形。 如果磁極下的空隙大小是均勻的，則橫越空隙的磁力線將如圖 27-3 所示般分配。每根導體中的電勢既與切割磁力線的速率成正比，它的變化將如曲線 *A*。將極面做成圖 27-4 所示的形狀，可以調節空隙中的磁通密度，也就等於調節磁力線的切割率，這樣可使一根導體中的電勢依正弦定律變化，像曲線 *B* 所示的那樣。那時的電勢稱做“簡諧的”，可以用公式 $e = E_m \sin \theta$ 代表；其中 e 是任何瞬間的電勢， E_m 是 e 的極大值。

簡諧運動是往復運動中最平穩的一種。螺簧所掛重物在鉛直方向的振動是簡諧運動，鐘擺的運動也是這樣。事實上，機械性的振動一般

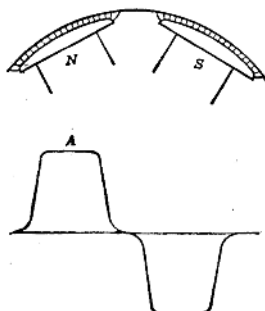


圖 27-3.

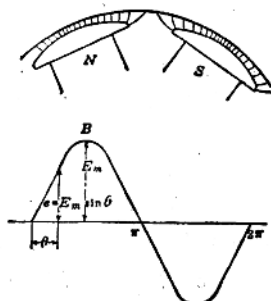


圖 27-4.

圖 27-3—27-4. 電勢的波形。

是簡諧運動。訂定交流發電機的規範時，總要求內生電勢必須大致呈正弦曲線形，這理由讓我們慢慢地來說明。現在剛開頭就要解釋為什麼交流電的流動應該是一種簡諧運動，這未免不智。

27-3. 示波器。 發電機電勢波的形狀極易用一種稱做示波器的儀器來決定，該器的重要部份示於圖 27-5。

用一根磷青銅狹條兜過象牙質滑輪 *P* 而拉直之，在磁鐵兩極 *N* 與 *S* 間的狹隙中形成兩根平行的導體 *s, s*。滑輪上裝着一根螺簧，使狹條上的拉力均勻。導引件 *L* 則使磷青銅的擺動部份局限於磁場以內的

那一段。小鏡 M 跨在狹條上，如圖所示。

如果有電流通過狹條 s, s ，那麼其中一條向前，另一向後，鏡子將依鉛直軸而偏側。如電流是交變的，則鏡子的偏側方向忽前忽後，偏側的頻率與電流的相同，偏轉度與電流成正比。（鏡子擺動的自然頻率應比電流頻率高出很多，否則不會完全依着電流的變化而偏轉。）

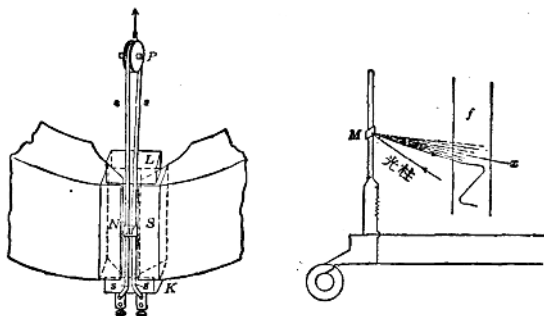


圖 27-5. 示波器。

如果有一根光柱射在鏡上，反射的光柱將在水平面內來回運動，它與零位置 x 間的位移正比於電流；所以假使將一張照相軟片 f 以等速向下移動，光柱將在這上面畫出一條曲線。這曲線就是示波器端柱上所加電勢的波形。

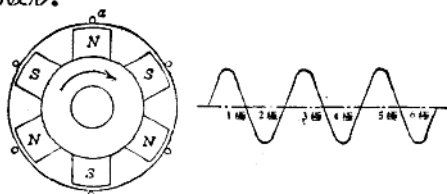


圖 27-6. 六極交流發電機。

27-4. 頻率。 在第 262 頁，圖 27-2 所示的二極機中，電機旋一轉，端間電勢經歷一個完全週期。在圖 27-6 所示的六極機中，電機旋一轉，任一導體 a 中的電勢經歷三個週期，每對極一個週期。

設 p 是極數，則