

目 錄

第一章 交流及交變電壓

	頁數
1—1. 交流電之一般用途	1
1—2. 正弦波	2
1—3. 週，頻率	5
1—4. 商用頻率	7
1—5. 交流安培	8
1—6. 電流正弦波之方程式	10
1—7. 電流平方曲線之方程式	11
1—8. 無向量與有向量	12
1—9. 歐姆；伏特	14
1—10. 相位關係	15
1—11. 電流之相加	16
1—12. 交流之矢量表示法	17
1—13. 正弦波之矢量加法	19
1—14. 正弦波之直接相加	21

第二章 交流電路

2—1. 交流電功率；電流與電壓同相	23
2—2. 交流電功率；電流與電壓正交	25
2—3. 交流電功率；電流與電壓相差 θ 角度	26
2—4. 僅有電阻之電路	27
2—5. 僅有電感之電路	28

2—6. 僅有電容之電路	31
2—7. 電阻與電感串聯之電路	34
2—8. 電阻與電容串聯之電路	37
2—9. 電阻，電感與電容相串聯之電路	38
2—10. 串聯電路之諧振	41
2—11. 串聯電路之諧振特性	43
2—12. 並聯電路	44
2—13. 並聯電路之諧振	46
2—14. 電壓多邊形；三個電壓	47
2—15. 電壓多邊形；四個電壓	50
2—16. 電流多邊形	53
2—17. 有效電阻	53
2—18. 有功電流與無功電流	54
2—19. 無功伏安	56
2—20. 串聯電路中之最大功率	57
2—21. 並聯電路之諧振曲線	59
2—22. 諧振電路之選擇性	60
2—23. 用有功電流法解阻抗並聯電路	62
2—24. 諧波成分	63

第三章 複數量

3—1.	複數量之標記法	67
3—2.	直角坐標矢量	69
3—3.	直角坐標矢量之加法及減法	70
3—4.	直角坐標矢量之乘法	71
3—5.	直角坐標矢量之反數	71
3—6.	直角坐標矢量之除法	72
3—7.	極坐標表示法	72
3—8.	極坐標矢量之加減法	73
3—9.	極坐標矢量之乘法	74
3—10.	極坐標矢量之反數	75
3—11.	極坐標矢量之除法	75
3—12.	極坐標矢量之方及方根	76
3—13.	使矢量旋轉之算子	76
3—14.	指數矢量	77
複數量應用於交流問題:		
3—15.	簡單串聯電路	78
3—16.	電功率之求法	81
3—17.	並聯電路	83
3—18.	串並聯電路	86
3—19.	等效並聯阻抗	88
3—20.	用極坐標矢量解串並聯電路	89

第四章 交流儀器及量法

4—1.	西門子功率計	92
4—2.	指示用功率計	93
4—3.	功率計式伏特計	94
4—4.	傾斜線卷式伏特計	95
4—5.	功率計式安培計	95
4—6.	瓦特計	95
4—7.	瓦特計之聯接	97

4—8.	瓦特計之定額	98
4—9.	多相互特計	99
4—10.	瓦特計之校準	101
鐵葉式儀器:		
4—11.	伏特計	101
4—12.	安培計	103
4—13.	熱線式儀器	103
4—14.	交流瓦時計	103
4—15.	感應瓦時計之校準與調節	107
4—16.	示頻器	107
4—17.	功率因數指示器	108
4—18.	整步指示器	110
4—19.	示波器	111
4—20.	阻抗電橋	114
4—21.	熱偶式儀器	115
4—22.	整流式儀器	117
4—23.	奇異公司整步器	117
4—24.	陰極射線示波器	119

第五章 多相制

5—1.	採用多相制之原因	122
5—2.	雙字註字法	123
5—3.	三相電壓之產生	127
5—4.	Y形聯接	128
5—5.	Y聯接三相制中之電功率	130
5—6.	三角形聯接	132
5—7.	三角形聯接制中之電功率	135
三相制中量度電功率之方法:		
5—8.	三瓦特計法	135
5—9.	二瓦特計法	137

二相制:

- 5—10. 二相與四相制..... 141
 5—11. 二相制電功率之量法 144
 5—12. 用仟伏安法求負載之
 相加..... 145
 5—23. 複數代數應用於多相
 制..... 146
 5—14. Y聯接制中之電流..... 150
 5—15. 三角形聯接制中之電
 流..... 151
 5—16. 等效之Y形聯接與三
 角形聯接..... 153

第六章 交流發電機

- 6—1. 旋轉場結構式..... 156
 交流發電機之線卷組:
 6—2. 一般原則..... 157
 6—3. 單相卷組..... 158
 6—4. 二相卷組..... 161
 6—5. 二相摺卷組..... 162
 6—6. 三相卷組: 全節距卷
 組..... 163
 6—7. 三相卷組: 部份節距
 卷組..... 165
 交流發電機之組構:
 6—8. 交流發電機之制式..... 167
 6—9. 靜定子或電樞..... 168
 6—10. 槽..... 170
 6—11. 通風方法..... 171
 6—12. 轉動磁極結構..... 172
 交流發電機之電勢及輸出:
 6—13. 產生之電勢..... 175
 6—14. 波形..... 178

- 6—15. 分佈式場卷組之磁通
 勢..... 179
 6—16. 三相卷組之理相法..... 181
 6—17. 交流發電機之定額..... 182

第七章 交流發電機之
調整及運用

- 7—1. 交流發電機之調整..... 183
 7—2. 樞電組..... 184
 7—3. 樞電抗..... 185
 單相電樞反應:
 7—4. 電流與電勢同相..... 186
 7—5. 電流較電勢滯後 90° 189
 7—6. 電流較電勢超前 90° 189
 7—7. 單相電樞反應之脈動 190
 7—8. 多相交流發電機中之
 電樞反應..... 192
 7—8 A. 場, 樞與綜合磁通勢..... 195
 7—9. 電樞之阻抗壓降..... 197
 7—10. 交流發電機之調整..... 201
 7—11. 時間與空間矢量..... 202
 7—12. 正常方法..... 205
 7—13. 同步阻抗或電動勢法 207
 7—14. 同步阻抗之求法..... 208
 7—15. 同步阻抗法應用於三
 相發電機..... 210
 7—16. 磁通勢法..... 214
 7—17. 實蒂爾法..... 218
 7—18 A. 美國標準協會法..... 222
 7—19. 交流發電機之效率..... 226
 7—20. 提利爾調壓器..... 227
 7—20. 交流發電機之並聯運
 用..... 230

7—21.	整步本能	231
7—22.	無功率率	233
7—23.	整步法	234
7—24.	交流發電機之獵覓	236

第八章 變壓器

8—1.	變壓器之原理	238
8—2.	應電勢	239
8—3.	安培匝	242
8—4.	磁漏電抗	243
8—5.	變壓器之矢量圖	245
8—6.	簡化矢量圖	247
8—7.	等效電阻與電抗	248
8—8.	斷路試驗	252
8—9.	捷路試驗	254
8—10.	調整率	255
8—11.	效率	257
8—11 A.	單位值制度	259
8—12.	商用變壓器	260
8—13.	全日效率	261
8—14.	芯式變壓器	262
8—15.	殼式變壓器	263
8—16.	互式變壓器	263
8—17.	變壓器之冷却	264
8—18.	變壓器之呼吸法	268
8—19.	三相變壓器	269
8—20.	自耦變壓器	271
8—21.	變壓器線卷之理相法	276
8—22.	三相變壓器之聯接法	276
8—23.	V形聯接	278
8—24.	史高特或 T 形聯接	280
8—25.	任載時調換分接頭法	282
8—26.	恒流變壓器	284

儀器用變壓器：

8—27.	在高壓下電之量度	285
8—28.	電壓互感器	286
8—29.	電流互感器	287
8—30.	捲芯式變壓器	289
8—31.	螺旋心式變壓器	290
8—32.	長方截面之螺旋捲心	291
8—33.	高等矽鋼芯	293
8—34.	其他捲繞式及膏鐵式 變壓器	294

第九章 感應電動機

9—1.	原理	297
9—2.	交流之旋轉磁場	299
9—3.	二相鼓式卷組之旋轉 磁場	299
9—4.	三相鼓式卷組之旋轉 磁場	302
9—5.	同步速率與轉差率	304
9—6.	轉子之頻率	305
9—7.	交流之轉矩	306
8—8.	定子及槽	310
9—9.	鼠籠式感應電動機	312
9—10.	鼠籠式感應電動機之 運用特性	313
9—11.	鼠籠式感應電動機之 轉矩特性	315
9—12.	雙鼠籠式感應電動機	320
9—13.	啓動鼠籠式感應電動 機之方法	321
9—14.	繞線轉子式電動機	325
9—15.	感應電動機之空氣隙	329
9—16.	感應電動機之等效電	

路	329
9—17. 感應電動機之矢量圖	334
9—18. 成圓圖	336
9—19. 感應電動機之速率控制	339
9—20. 感應發電機	343
9—21. 轉差率之量度	346
9—22. 感應調壓器	348
9—23. 感應電動機之分級	350

第十章 單相電動機

10—1. 串激電動機	352
10—2. 換向用磁極	356
10—3. 串激電動機之矢量圖及運用特性	356
10—4. 推拒式電動機	358
10—5. 單相感應電動機	362
10—6. 單相感應電動機內之作用	364
10—7. 多相感應電動機用作單相應感電動機	366

啓動單相感應電動機之方法：

10—8. 剖相法	367
10—9. 容電器電動機	367
10—10. 罩極法	369
10—11. 推挽式電動機啓動	369
10—12. 感應電動機用作變相器	371

第十一章 同步電動機

11—1. 同步電動機	374
11—2. 運用原理	374
11—3. 任載時之同步電動機	375

11—4. 增強場激之效應	378
11—5. 減弱場激之效應	380
11—6. 恒壓制中之場激	381
11—7. 凸出式磁極之互鎖作用	382
11—8. 同步電動機之矢量圖	383
11—9. 同步電動機之V形曲線	385
11—10. 同步電動機之場激圖	386
11—11. 阻尼籠線卷	390
11—12. 同步電動機之啓動	392
任載時啓動同步電動機之方法：	
11—13. 高啓動轉矩電動機	394
11—14. 超同步電動機	396
11—15. 同步容電機	396
11—16. 用同步容電機改進功率因數	397
11—17. 用同步電動機改進功率因數	399
11—18. 仟瓦及仟乏兩法	401
11—19. 用同步電動機調整電壓	402
11—20. 同步電動機之工業應用	404
11—21. 船舶之推進	405
11—22. 頻率變換器	407
11—23. 計時同步電動機	407
11—24. 自同步制	411

第十二章 同步換流機

12—1. 變換交流爲直流之方法	414
12—2. 同步換流機之原理	415

12—3. 多相換流機	416	13—1. 傳輸制度	446
12—4. 單相同步換流機中之 電壓比	417	13—2. 單相傳輸電路之電抗	449
12—5. 多相同步換流機中之 電壓比	418	13—3. 三相傳輸電路之電抗	451
12—6. 同步換流機中之電流 比	419	13—4. 單相傳輸電路之電容	452
12—7. 在換流機內電樞導體 之電流	423	13—5. 三相傳輸電路之電容	454
12—8. 交流相數對於換流機 定額之影響	425	13—6. 導線安排不相對稱之 三相線路	455
12—9. 功率因數對於換流機 定額之影響	426	13—7. 單相線路之計算	455
12—10. 換流機內之電樞反應	426	13—8. 三相線路之計算	458
12—11. 電壓控制	428	13—9. 有電容傳輸線路之計 算	460
12—12. 剖極式換流機	431	13—10. 用複數解有電容傳輸 線路之問題	462
12—13. 效率	433	13—11. 電暈	463
12—14. 用實驗決定換流機內 之電流與電壓關係	433	13—12. 電暈之功率損失	465
12—15. 同步換流機之聯接法	435	13—13. 有分佈常量之傳輸線 路	466
12—16. 同步逆換流機	437	閃電與降變:	
12—17. 由交流方面啓動同步 換流機	438	13—14. 閃電	470
12—18. 獲得正確極性之方法	441	13—15. 對於雷擊及電湧之線 路保護	471
12—19. 由直流方面啓動同步 換流機	442	13—16. 複隙式避雷器	472
12—20. 同步換流機之並聯運 用	442	13—17. 角隙式避雷器	473
12—21. 換流機之阻尼器	444	13—18. 氧化膜式避雷器	474
12—22. 三線式換流機	444	13—19. 彈丸式避雷器	475
		13—20. S V 自動活戶式避雷 器	475
		13—21. 薩拉特避雷器	476
		13—22. 避雷器之聯接法	477
		傳輸線路之裝置:	
		13—23. 插式絕緣器	478
		13—24. 吊式絕緣器	479
		13—25. 傳輸線路之建造	480

第十三章 交流之傳輸及 分佈

配電站與佈電制:	
13—26. 變壓站	481
14—27. 電動機發電機及同步換流機站	482
13—28. 佈電線路	483
13—29. 三線制	484
13—30. 低壓佈電網	486
13—31. 斷路器	488
13—32. 去電離柵式斷路器	490
13—33. 自動管理之配電站	491
13—34. 戶外配電站	491

第十四章 真空管

14—1. 電子	493
14—2. 電子之發射	494
14—3. 臨界的速度	494
14—4. 理查遜氏定律	495
14—5. 熱電子發射效率	496
14—6. 愛迪生效應	496
14—7. 兩極管	497
14—8. 空間電荷效應	498
14—9. 查爾德氏二分之三方定律	500
14—10. 兩極管之整流作用	500
14—11. 整流管	502
14—12. X射線管	503
14—13. 三極管	503
14—14. 三極管之靜態特性曲線	506
14—15. 三極管之常數	507
14—16. 接收機用三極管	509
14—17. 放大	510
14—18. 動態特性曲線	511
14—19. 功率及效率	513

14—20. 電壓放大器	514
14—21. 四極管	517
14—22. 五極管	520
14—23. 特種真空管	521
14—24. 再生	521
14—25. 振盪	522
14—26. 強力真空管	524
14—27. 調幅	525
14—28. 海心氏恒流調幅法	527
14—29. 兩極管檢波	528
14—30. 三極管檢波器——柵偏壓法	530
14—31. 三極管檢波器——柵漏柵電容法	531
14—32. 再生檢波法	532
14—33. 致差檢波法	532
14—34. 調頻波之產生	535
14—35. 調頻波之接收——鑑頻器	537
14—36. 接收機電路	538

第十五章 整流器

15—1. 半波及全波整流	540
15—2. 機械整流器	542
15—3. 電解整流器	542
15—4. 氧化銅整流器	543
15—5. 熱陰極整流管	544
15—6. 熱陰極含氣整流管——汞弧整流器:	546
15—7. 汞弧	547
15—8. 單相整流器之運用原理	548
15—9. 有電阻負載之電壓與電流	550

15—10. 有電池負載之電壓與 電流	551
15—11. 陽極電感之功用	552
15—12. 紋紋用電感	553
15—13. 單相波泡汞弧整流器	554
15—14. 三相汞弧整流器	556
15—15. 六相整流器及陽極電 感	557
15—16. 電壓與電流波紋	560
15—17. 平均直流電勢	561
柵極控制含氣整流器及逆換流器:	
15—18. 閘流管	562
15—19. 奇異公司閘流管	562
15—20. 柵極之控制作用	564
15—21. 柵極控制之方法	565
15—22. 閘流管用作整流器	566
15—23. 閘流管用作逆換流器	567
15—24. 逆換流器電路	569
15—25. 閘流管之定額	570
15—26. 柵極控制之強功率整 流器	571
15—27. 柵極控制之聯接	573
15—28. 逆灼	575
19—29. 發火管	576
15—30. 激發管	579
15—31. 電動機之電子控制	581

附 錄

一、 弧度	585
二、 三角法—簡單函數	586
三、 大於 90° 之角之函數	587
四、 簡單三角公式	589
五、 自然正弦	590
六、 自然正切	592

七、 對數表	594
八、 銅線之電阻	596
九、 全鉛電纜及鋼筋鉛纜之 性質	597
十、 每單根導體之電感抗 (60週頻率)	598
十一、 每單根導體之充電電流 (60週頻率, 100仟伏電 壓)	599
十二、 電動機之號碼註字	600

問 題

第 601 頁至第 625 頁

習 題

第 一 章 交流及交變電壓	626
1.1 至 1.28	626
第 二 章 交流電路	629
2.1 至 2.76	629
第 三 章 複數量	635
3.1 至 3.53	635
第 五 章 多相制	639
5.1 至 5.41	639
第 六 章 交流發電機	644
6.1 至 6.28	644
第 七 章 交流發電機之調整 與運用	646
7.1 至 7.25	646
第 八 章 變壓器	649
8.1 至 8.33	649
第 九 章 感應電動機	653
9.1 至 9.21	653
第十一章 同步電動機	655
11.1 至 11.26	655
第十二章 同步換流機	659
12.1 至 12.8	659
第十三章 交流之傳輸及分佈	660
13.1 至 13.35	660
第十四章 整流器	663
15.1 至 15.8	663
英漢名詞索引	665

電 工 學

下 編 交 流

第 一 章

交 流 及 交 變 電 壓

1—1. 交流電之一般用途——目前商用電能，多用交流方式產生而輸送。雖需用直流之處，亦往往以交流電供給，再轉變為直流。例如市內電車之駕駛，電解工業及某種電弧燈等皆非用直流不可者。吾人固知在應用方面，直流電殊不遜於交流電也。然則電廠方面，不以直流電方式大量供給者，其故安在。茲分述之如次。

交流電可以高壓方式產生，並可以最經濟最便捷之方法，將其昇高或抑低，但直流電則不能。在輸電時，可利用高壓，以減低輸電損失，使遠程供電得以經濟。在發送端用變壓器，將電壓變高至所需之高壓，在接收端再用變壓器將其降低，以合乎使用之環境。目前高壓直流電雖可用整流管 (Rectifying Tubes, 見第十五章) 得之，但欲產生大量之直流電能，除用轉動之換向器外，仍不經濟。然而電壓過高，則換向器片間電壓過高，絕緣困難。若多用換向器片，換向器未免過大。但製造一高速度大型交流發電機，並無困難。且其每仟瓦之使用成本亦低，尤宜於汽輪機策動。目前交流發電機之定額，可達200,000 仟伏安以上。但直流發電機因其換向困難，殊難設計一高定額者，尤以用於高速者為然。在每分鐘1,000 轉之速率時，欲設計一可供給 1,000 仟瓦之直流發電機，殊非易

事。反之，在每分鐘 3,600 轉之速率時，能供給 5,000 仟瓦之交流發電機，固極平凡也。

其用於恆速之處，交流感應電動機，與直流電動機較，成本既廉，維持及使用亦易，其主因在無換向器之設置。因此之故，常以交流電能為感應電動機之用。

因用交流電，可以高壓及大量產生之，故大規模之發電廠內，可集中發電，然後分配於廣大之區域。在發電方面，發電機之額量愈大，其效率愈高。而採用大型鍋爐，自動加煤器，過熱器(Super-heater)，及其他記錄儀器等，使鍋爐室之效率，亦為之提高。用大型汽輪機之效率，較之小廠內之蒸汽機組合，超出三四倍。再則大型發電機本身之效率，亦常在百分之 96 至 97 左右(見第 7—20 節內之表)。且也，此種新型鍋爐及大規模汽輪機策動組合，每仟瓦所需之人員極少，於是每仟瓦小時之勞工及監工費用，皆可節省。

有上述數原因，產生大量交流電能輸之遠方，常較合算。故需用直流電能之處，亦寧可以交流方式供給，而後轉變之。

不過發電成本之節省，一部份為輸電成本之增加所抵銷。因集中發電，再行分輸遠方，則線路，電纜，分站，附屬機器之設置，皆另須投資，而此佈電網制中之勞工及維持費用，亦須計入也。

1—2. 正弦波——在第一卷，第十一章內已述及，當一簡單線卷以恆定速率在一均勻磁場內旋轉時，則產生一交變電勢。當線卷平面與磁場相垂直時，其電勢為零；至與磁場相平行之位置，其電勢為最大。以連續的電勢之值，繪為曲線，即得所謂正弦曲線，或正弦波(Sine wave)。蓋電勢之值，與 α 角之正弦成正比， α 為線卷平面與穿過線卷而垂直於磁場之平面所成之角(見第 1.1 圖)。

因各種原因，在商用發電機內，並不能得純粹之正弦波電勢。在事實上，若干發電機之電勢，為非正弦波形。然而大多數商用發

電機所產生者，其波形極與正弦波相似，故可以正弦波視之（交流發電機之電勢波形，見第6—14節）。

若一週期性波為非正弦波，可將其分析為一組有不同頻率之正弦波，即基本波（Fundamental）與

高頻波等。其每一高頻波之頻率，皆為基頻之倍數，名曰倍頻波，或諧波（Harmonics）。其每種頻率成份，皆可視之為純正弦波。

在實用上所常遇之電壓及電流波，皆與一正弦波極相近似，可用簡單分析方法處理之。除非另行規定，以後關於電壓及電流之公式及方程式等，皆係以正弦波為根據者。

正弦波可以下述方法畫出：以正弦波之最大值為半徑，畫一圓，如第1.2圖。將其圓周分為12等份，依次註以1, 2, 3, ……以至12。

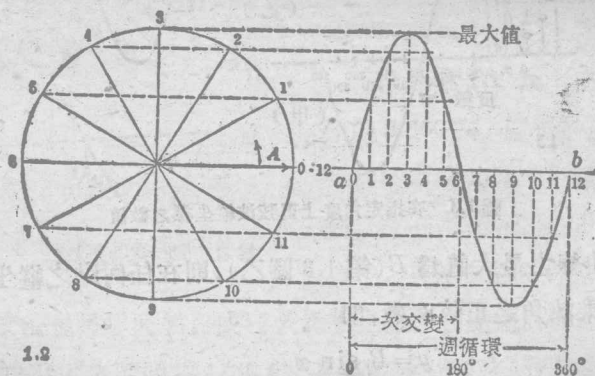


圖1.2 正弦波之圖作法

再畫一水平橫線 ab ，延長之可穿過圓心。將 ab 亦分作 12 等份，亦依次註以數字，由 1 至 12。在每一點上，畫一垂直縱線。將圓周上之各點，依次水平地投射於右方各相當之垂直線上，乃得十二個交點。圓上第一點投射於 ab 線 1 點上之垂直線，圓上第二點，投射於 ab 線 2 點上之垂直線，餘類推。將此十二個交點，連成曲線，即成正弦曲線。

正弦波亦可查正弦函數表而描繪之（見附錄五）。將一水平軸（第 1.3 圖甲）分成若干格，以度數註之。在每點處，立一垂直線，其長等於該點所註之角之正弦函數。例如在 30° 點上，其縱線 ab 之長為 0.5；在 60° 點處，縱線 cd 之長為 0.866；在 90° 點處，縱線之長應為 1.0 等。此曲線在 180° 處，與橫線相交，因 180° 之正弦為零也。大於 180° 小於 360° 之角之正弦函數，皆為負值，此曲線在橫線之下。

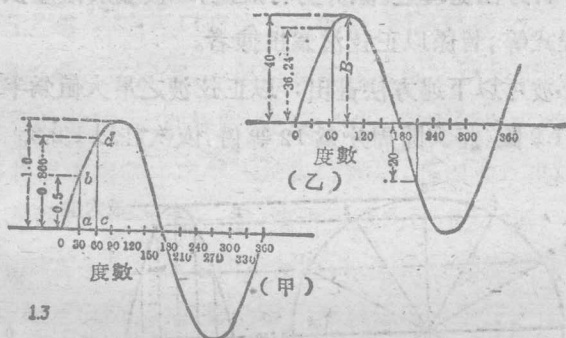


圖 1.3 在指定角度上正弦波縱坐標之數值

若曲線之最大值為 B （第 1.3 圖乙），則在任何點之縱坐標值，應以 B 乘該角之正弦函數，即

$$y = B \sin x \quad (1.1)$$

其 x 以度數表之。

【例題 1.1】求在 65° 及 210° 處縱坐標之值，其最大值為 40 單位。

【解】由附錄五，查出

$$\sin 65^\circ = 0.906,$$

$$y_1 = 40 \times 0.906 = 36.24. \quad (\text{答})$$

$$\text{又} \quad y_2 = 40 \sin 210^\circ = 40 \times (-0.5) = -20. \quad (\text{答})$$

此可於第 1.3 圖(乙)中見之。

1—3. 週; 頻率——當一錄卷(第 1.1 圖)旋轉一匝，即經過一對磁極之下(一南極與一北極)，即歷經 360° 機械的空間角度(Space-degree)。其產生之電勢波，經一完全週(Cycle)之循環變化，而準備複演，此可以第 1.4 圖說明之。經過一週之完全循環，其電勢即經歷 360° 電的時間角度(Electrical time-degree)。在二極發電機中，一度空間度數，與一度電的時間度數同。

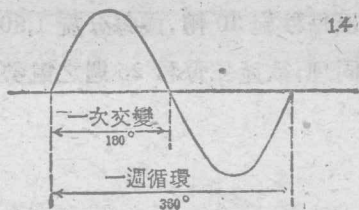


圖 1.4 交變與循環

當此電勢完成半週，或 180° 之變化，謂之經歷一次交變(one alternation)。

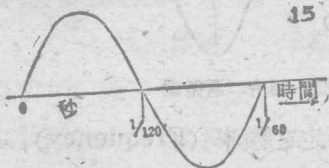


圖 1.5 正弦曲線為時間之函數

假定第 1.1 圖中之錄卷，每分旋 3,600 轉，即每秒旋 60 轉。每秒即發生 60 週之循環變化之電勢。故在二極，每秒 60 週之發電機中，其速率應為每分 3,600 轉。

交流波可以時間，或度數為橫坐標而描繪之。例如上述之例相當於 360° 之時間為 $1/60$ 秒；其相當於 180° 之時間為 $1/120$ 秒餘類推(見第 1.5 圖)。

第 1.6 圖(甲)示一四極發電機。圖中示一導體 a 正在旋轉，可毋需顯示整個線卷。當此導體經過一南極及一北極，即由 1 點至 5 點時，在電的方面，已完成一週循環，即經歷 360° 電的時間度數，如第 1.6 圖(乙)所示。但在機械方面，該導體僅旋半轉，或僅經歷 180° 空間度數而已。若旋一全轉，即經歷 360° 空間度數，則該導體內之電勢，將完成二週循環，或經歷 720° 電的時間度數。在此種情形，一度機械度數相當於兩度電的時間度數。換言之，此線卷每移動一度空間度數，其電勢即經兩度電的時間度數之變化。此導體僅須每秒旋 30 轉，或每分旋 1,800 轉，即可產生每秒 60 週之電勢。依同理，欲產生每秒 25 週之電勢，此導體僅須旋每秒 12.5 轉或每分

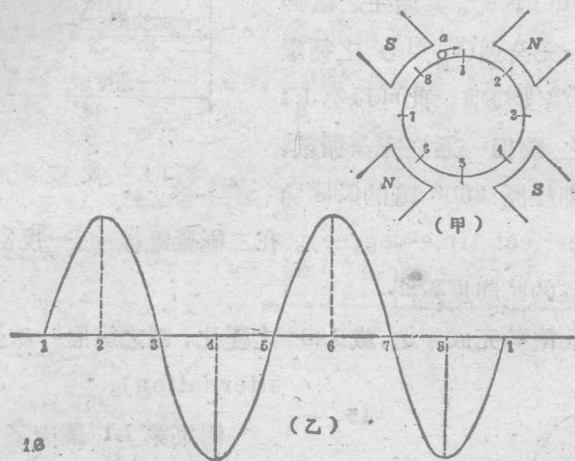


圖 1.6 在四極交流機中每旋一轉有二週循環

750 轉。若將磁極數增多，欲產生某指定之頻率 (Frequency)，其機械的速率，應作反比例之減低。若 P 為磁極數， S 為機械速率以每分轉數計， f 為頻率以每秒週數計，則此三者之關係，可列成下式

$$f = \frac{PS}{2 \times 60} = \frac{PS}{120} \quad (1.2)$$

下表示在各種磁極數時，頻率，速率，與磁極數之關係。

磁 極 數	速 率，每 分 轉 數		
	60 週/秒	50 週/秒	25 週/秒
2	3,600	3,000	1,500
4	1,800	1,500	750
6	1,200	1,000	500
8	900	750	375
40	180	150	50

【例題 1.2】某 60 週/秒汽輪策動交流發電機之速率為 120 轉/分，問其磁極數為若干？

【解】用第 1.2 式，解得

$$P = \frac{120f}{S} = \frac{120 \times 60}{120} = 60 \text{ 磁極。} \quad (\text{答})$$

此題亦可直接解得，毋需用第 1.2 式。一 60 週/秒，二磁極交流發電機之速率為 3,600 轉/分，故此發電機之磁極數應為

$$\frac{3,600}{120} \times 2 = 60 \text{ 磁極。} \quad (\text{答})$$

實際上，所有交流發電機之電樞，幾皆為靜止的，而磁極為旋轉的，但上式仍可應用。

1—4. 商用頻率——早期交流電之頻率，多用每秒 133 週，但目前用此頻率者，已屬罕見。高頻之利益，厥維變壓器之設計，其用銅及鐵較少，成本及重量皆小。而電燈之閃爍，亦可不覺。例如在 50 及 60 週/秒時之閃爍，可以不覺，但在 25 週時，則甚為顯見。反之，在低頻率時，傳輸線路上或電器內之電壓降，可以減低，因得較佳之電壓調整率。電動器械，如感應電動機，同步電動機，及交流換向電動機等，使用於低頻者，皆較用於高頻者為佳。近世兼供電

光及電力之公司，多取 60 或 50 週/秒，因在 25 週/秒時，電燈之閃爍可睹，而變壓器之重量過大，成本亦較鉅。反之，其專供電力之廠家，則樂於採用 25 週/秒之頻率，例如美國紐約，紐海芬及赫特福德鐵道公司 (New York, New Haven and Hartford Railroad)，供電於其電動機車；波士頓高架鐵道公司 (Boston Elevated Railway Company)，輸電於其直流電分站等，皆用此頻率。美國取每秒 60 週及 25 週為標準頻。中國則用每秒 50 週。在歐洲有用低頻率如每秒 $16\frac{2}{3}$ ，15，以及 12.5 週者。

1-5. 交流安培——第 1.7 圖(甲)示一交流之正弦曲線，其最大值為 1.414 安。初或以為此電流波之安培值，係根據其平均值者。但就一完全週之循環觀之，其正的電流與負的電流相等，其平均值為零。若以一直流安培計量其電流，將指示零值，因此種儀器僅指示平均值而已。

一交流之安培值，並非根據其平均值，而係根據其發熱效應者，可予以界說如下：

一交流安培為一種電流，經過某定值之歐姆電阻，與一直流安培所產生之發熱率相同。

假定以一電阻浸於量熱計 (Calorimeter) 中，以直流安培通過之，在 10 分鐘以內，將水之溫度升高 20° 。若以一交流安培通過此同一電阻，在同一時期內，其水之溫度升高之度數必同。其他情形，如輻射散熱等皆同。此即兩種電流以同率而發熱之謂也。

發熱效應隨電流之平方而變化，即與 i^2R 成比例。故如第 1.7 圖(甲)中電流曲線之安培值，必須根據其平方值而計算。第 1.7 圖(乙)示此電流與其平方值之曲線。將 i 曲線上之每一縱坐標平方之，即繪成 i^2 曲線。因原曲線之最大值為 $\sqrt{2}=1.414$ ，故 i^2 曲線之最大值為 $1.414^2=2$ 。且負值之平方亦為正，故平方曲線全在零

軸之上。

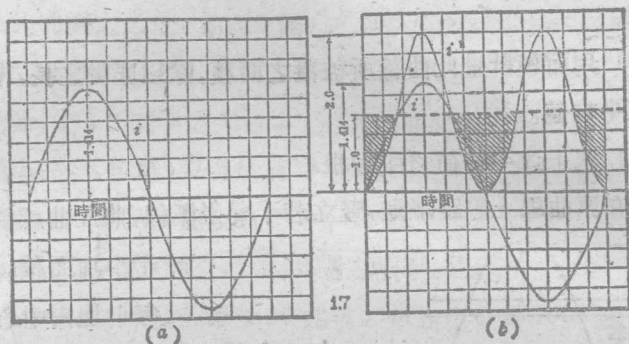


圖 1.7 正弦波交流之最大值與有效值

此平方曲線之頻率，爲原曲線之二倍，其水平之對稱軸在零軸上 1.0 單位處。此平方曲線之平均值亦爲 1.0，如圖中之虛線所示，在其虛線上之面積，適與在虛線下之面積（有平行斜線蔽之者）相等。換言之，其在零軸上所被覆之面積，與一個以 1 單位爲高度之長方形之面積相等，其長度即一週之時間，故 1.0 之值，爲電流曲線之平方之均值（Average of square）。此電流之平方，與可產生同一發熱率之直流電流之平方相當。

是以欲求第 1.7 圖中所示電流之安培值，求上述平方均值之平方根即可，故電流爲 $\sqrt{1.0} = 1.0$ 安。此值謂之交流電流之方均根值（Root-mean-square，簡書 r.m.s. value）或其有效值（Effective value）。

一正弦波形交流安培，若與一直流安培，產生同一發熱率，則其最大值必爲 1.414 安。故交流之最大值（Maximum value）爲有效值之 $\sqrt{2}$ 或 1.414 倍。反之，有效值爲最大值之 $1/\sqrt{2}$ 或 0.707 倍。

若求任何非正弦波形電流之有效值，其步驟如次：