

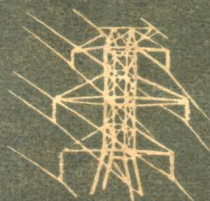


實用電工叢書

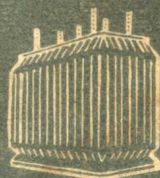


交流電路與 同步發電機

馬大強編譯



商務印書館



王國松主編



實用電工叢書

交流電路與同步發電機

馬大強編譯

黃煥焜校訂

商務印書館



交流電路與同步發電機提要——此書是實用電工叢書第三種，係根據1946年美國柯尼電工學校(Coyne Electrical School)出版的該校技術人員編著的「實用電工叢書」(Applied Practical Electricity)第四冊編譯而成。計分六章：第一章緒論，第二章電感和電容，第三章功率和功率因數，第四章功率的測定和儀表的使用，第五章交流電機，第六章同步發電機的運用和併車。書中對於交流電路及與其有關的實際問題都作有詳細說明，使讀者能於交流電在電氣工業上的優點和重要性有明晰的了解。

實用電工叢書
交流電路與同步發電機

馬大強編譯

★版權所有★

商務印書館出版

上海河南中路二一一號

(上海市書刊出版業營業許可證出字第〇二五號)

新華書店華東總分店總經售

商務印書館印刷廠印刷

上海天通茶路一九〇號

(60311)

開本787×1092 1/32 印張3 3/4 字數 63,000

一九五四年七月初版 印數 1-4,000

定價 羊 4,800

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
1. 交流的本質	1
2. 交流電路裏的電感與電容	1
3. 交流電壓的發生	2
4. 正弦曲線, 交變, 週波, 頻率	4
5. 交流的流通	5
6. 交流的最大值與有效值	5
7. 有效值和最大值的計算	7
8. 交流的平均值	8
9. 單相與多相電流	8
10. 電壓和電流的相位關係	10
11. 滯後和越前電流對於功率的影響	11
12. 交流電路	12
13. 感抗、容抗和阻抗	13
14. 交流電路的歐姆定律	14
第二章 電感和電容	16
1. 電感	16
2. 自感的反電動勢	17
3. 電感造成的滯後電流	22
4. 直流電路裏的自感	23
5. 計算電感和感抗	24
6. 電容	25
7. 電容的單位	26
8. 容電器的充電電流	26
9. 容抗	28

10. 電感和電容的總結	31
11. 串聯交流電路	32
12. 串聯交流電路阻抗的計算	32
13. 電阻和感抗串聯電路的圖解法	33
14. 電阻與電感串聯的阻抗的公式	35
15. 電阻與容抗串聯	35
16. 電阻、容抗和感抗串聯的電路	36
17. 並聯的交流電路	37
18. 電阻與感抗並聯	38
19. 電阻與容抗並聯	39
20. 電阻、感抗和容抗並聯電路	40
21. 並聯電路中的電流	41
第三章 功率與功率因數	44
1. 實在功率和視在功率	44
2. 功率因數的定義與公式	45
3. 滯後和越前電流	46
4. 低值功率因數的原因	46
5. 低值功率因數的例子	47
6. 單相電路的功率	49
7. 兩相電路的功率	50
8. 三相電路的功率	50
9. 三相電路的電流	51
10. 例題	52
第四章 功率的測定和儀表的使用	55
1. 儀表的接綫	56
2. 單相電路的功率測定	56
3. 高壓綫路內電表的連接	57
4. 交流電路電阻的測定	59
5. 三相電路電流的測定	59

6. 三相電路電壓的測定	60
7. 三相電路功率的測定	61
8. 精確結果所必需的正確連接	63
9. 高壓綫路中功率的測定	65
10. 測量功率的三瓦特表法	66
11. 同步發電機的輸出功率的測定	68
12. 例題	69
第五章 交流發電機	71
1. 旋轉磁場式同步發電機	71
2. 直立式和水平式同步發電機	74
3. 汽輪發電機和汽機發電機	76
4. 同步發電機的構造, 電樞	77
5. 磁場構造	80
6. 發電機的冷却	81
7. 同步發電機磁場激磁	84
8. 勵磁機和同步發電機磁場的接綫	86
9. 磁場放電開關	87
10. 勵磁機和同步發電機的變阻器	88
11. 影響同步發電機電壓和頻率的因素	89
12. 同步發電機電壓的控制與調節	90
13. 自動電壓調整器	90
第六章 同步發電機的運用和併車	94
1. 同步發電機的定相	94
2. 燈泡定相法	95
3. 電動機定相法	97
4. 同步發電機的整步	98
5. 燈泡整步法	99
6. 用同步指示器整步	102
7. 同步發電機的開動	103
8. 同步發電機負載的調節和移轉	104

9. 同步發電機的停車	105
10. 同步發電機上儀表的安排和連接	106

交流電路與同步發電機

第一章 緒論

1. 交流的本質 交流是一種數值上作恆定變化，而方向作週期性改變的電流，故交流即交變電流的簡稱。

電流的反向，是因為電樞導體首先經過發電機裏的 N 極然後再經過 S 極所造成的。

已經知道，在任一普通的發電機電樞導體裏的感應電流都是交流的，而必須用整流子把這種電流加以整流，才能得到直流。

交流和直流一樣的能產生熱、光和磁效應。交流電路的磁場和直流電路磁場的主要不同，在於交流產生一種恆定變化的磁通量，它的磁力綫時時在移動，或者在導體的周圍不斷的伸脹和收縮着。這交變磁場或移動磁場，就是使變壓器能夠任意升高電壓或降低電壓的原因。

2. 交流電路裏的電感與電容 由於電感的原故，移動的交流磁通在任何交流電路裏生出自感。電感效應和由電壓作恆定變化所造成的電容效應，是交流電路和直流電路主要的不同。

已經知道，任何直流電路裏的幾個主要因素是：電壓、電流和電阻。在交流電路裏除了同樣地也有這三個因素以外，還有兩個因素——電感和電容。

歐姆定律同樣的應用在交流電路內，祇需稍加修正，以概括電流的電容和電感效應以及電阻效應。

交流電的許多極其重要的優點以及它在電氣工業上的許多重要成就，就是基於交流電路內的這兩種因素——電感和電容。

3. 交流電壓的發生 圖1表示交流電壓發生的情形。圖的左邊是一簡單的兩極發電機的草圖。圖內表示一根導體旋轉一週時所經過的八個階段。每一階段相隔 45° 。導體內連續感應出的電壓值，沿着圖右邊的水平基綫投影過來。

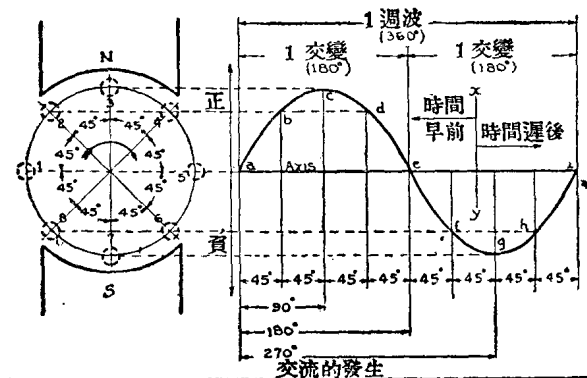


圖1. 在一簡單的兩極發電機內感應的交流電壓。正弦曲線表示電樞旋轉一週時，電壓的變化和反向。

在水平綫上部的數值是正電壓值，在綫下部的數值是負值。沿着這水平綫上也標出了電機度與時間。電機度用均勻的長度

間隔代表。向右方向表示時間“滯後”，向左方向表示時間“超前”。畫一垂直綫 XY 以表明這一事實；在垂綫右邊的所有數值都是對於這一點在時間上遲後的，而在左邊的數值則是早前的。

當號碼 1 處的導體在磁場的中性面內移動時，在這導體內沒有感應電壓。因此在這一點處的電壓值將如軸綫上 a 點所示，軸綫本身總是代表零值電壓的。

當導體依順時針方向繞着電樞移過 45° 時，便來到位置 2 的地方，在這裏，它開始割切 N 極下的磁場磁通，在這一點時的電壓值將如 b 點所示，也就是從導體 2 向右引出的虛綫與從軸綫上比 a 點遲後 45° 處所引垂綫的交點。

當導體再向前移動一步或 45° 而至位置 3 時，它將在成直角的方向上割切 N 極下的密集的磁通，因而產生的電壓值將如 c 點所示， c 點就是從導體 3 上引出的虛綫與比 a 點遲後 90° 的垂綫（時間綫）的交點。

當導體移到位置 4 時，它開始離開 N 極下的磁通，因此感應的電壓較低，如 d 點所示。

當導體繼續前移到位置 5 時，它再次經過中性面，在這裏，它不割切任何顯著數量的磁通，因此電壓再次為零值，如 e 所示。

當導體從位置 5 回到位置 1 時，電壓值與從 1 到 5 時的數值相同，祇是方向相反，因為這時導體在相反的方向上割切 S 極

下磁通的原故。負值電壓以 f, g, h, i 各點代表，在軸綫的下部。

至此電樞導體已經過一整組的正值和負值，完成了一週轉或 360 電機度。

4. 正弦曲綫，交變，週波，頻率 如果將 $a, b, c, d, e, f, g, h, i$ ，各點用一曲綫連接起來，這條曲綫將形成如所週知的**正弦曲綫**。這一曲綫予我們一個關於交流電路裏電壓數值的變化和反向的情況的明晰的圖畫。

從 a 到 e 的數值都是正值，組成 180 電機度，或一**交變**。從 e 到 i 的數值組成負的交變。這兩相續的一正一負的交變，完成一週波。

如果導體迅速的不斷旋轉，只要綫圈是接在閉合的電路上，它將產生出一個連着一個的交流週波。在每一秒內所發生的週波數，稱為交流電的**頻率**，以每秒週數表示。在我國，差不多大部交流系統都用 50 週波的頻率。

在一發電機裏，一根導體必須經過一對磁極，即一 N 極和一 S 極方才完成一週。因此，發電機裏的極數愈多，在一週轉內所產生的週波數愈多。交流發電機的頻率，可由下列簡單的公式定出：

$$f = \frac{RPM}{60} \times N,$$

在這裏：

f = 頻率，以每秒週數表示，

$RPM = \text{發電機每分鐘轉數},$

$N = \text{發電機裏的磁極對數}.$

5. 交流的流通 如果像圖 1 內所示的交流電壓施於一閉合電路內，便有交流的流通。當然，電流也像電壓一樣，數值上和方向上將不斷地變化。這種電流的交變或脈振，也可以用和圖 1 相似的曲線表示。電流首先在一種方向上流過電路，在一個交變或 180° 之內都將繼續着這同一方向。在一 50 週波的電路裏，這一交變所佔住的時間應為 $\frac{1}{100}$ 秒。

在這期間內，電流值在首半個交變或 90° 內逐漸增加到最大值，然後在後半個交變或 90° 內數值漸漸減小，但卻維持着同一方向。

當在這方向上的電流降低到零時，電流反向，在次一 $\frac{1}{100}$ 秒或一交變之內，電流數值再次增大然後減低。

6. 交流的最大值與有效值 圖 2 A 表示一單相交流電壓的一個完整週波，圖 2 B 表示電流曲線，這電流是假定由這電壓所產生的。

這些曲線表示這電路內的電壓電流最大值為 1 伏特和 1 安培。這最大數值，祇繼續着一極短促的時間。所以，如果要去求出這樣的具有一伏特最大電壓和一安培最大電流的交流電路內的熱效應或功率時，其結果不能和具有一伏特的直流電壓和一安培的直流電流的直流電路內的熱效應一樣大。

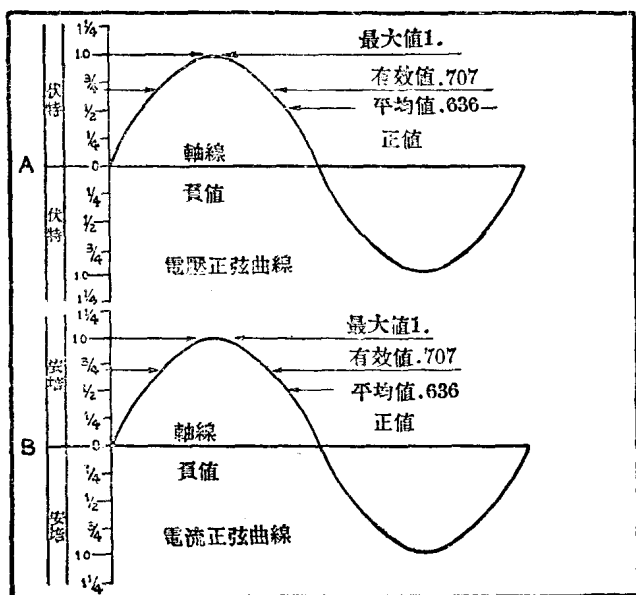


圖 2. 交流電壓和電流的最大值、有效值和平均值。

從實際的測驗，交流所產生的熱效應祇是和交流最大值同樣大小的直流所產生的熱效應的 70% 或者 0.707 倍。

因此有效電壓值和電流值為最大值的 0.707。在交流電路的通常工作中和計算中，都用這有效值。通常交流伏特表和安培表，都校正為讀出有效值而不是最大值。

因此，如果交流電路內的電表讀數為 100 伏特和 100 安培，我們知道這是有效值；而這電路所產生的熱效應，應與 100 安培和 100 伏特的直流電路內所產生的相同。

如果交流電路的電壓最大值為 100 伏特，有效值應為

$$0.707 \times 100 = 70.7 \text{ 伏特。}$$

7. 有效值和最大值的計算 交流電壓或電流的有效值，可用均方根方法計算。計算方法，首先在一交變內在每相隔一度的各點上取得曲線的瞬時值，把各瞬時值平方起來。然後把這些平方值相加，除以平方值的項數以得出平均值；換句話說，就是各瞬時值的平方的平均值的平方根。

把曲線上的瞬時值平方起來再求出均方根以得出有效值的方法，是因為任何電路的熱效應在任一瞬時是與電流的平方值成正比例的。

在普通電機計算工作中，可能沒有機會或需要去應用均方根方法；這裏祇是給讀者作不時的參考，同時你也會知道有效值是如何計算的和 0.707 是怎樣得來的。

應該考慮的最重要的一點是：要在一交流電路內產生某一數值的有效值電壓，最大電壓值必須比電表所讀出的有效值高得多。這樣加於交流電路內絕緣上的電壓應力，將比加於同樣電壓值的直流電路內的較高。

當有效值或最大值有一個為已知時，另一數值就可用下列的公式求出：

$$\text{有效值} = \text{最大值} \times 0.707。$$

$$\text{最大值} = \text{有效值} \div 0.707, \text{ 或 } \text{最大值} = \text{有效值} \times 1.414。$$

這公式的用法，可用下面的例子說明：如果一只電動機的運用電壓為 2200 伏特，它的絕緣上所受的最大電壓應為多少？

有效值為 2200 伏特，那麼，最大值是

$$2200 \times 1.414 = 3110.8 \text{ 伏特。}$$

這就是加在電動機繞阻絕緣上的最大電壓；爲了有足夠的安全因素以避免絕緣打穿，電機的絕緣能力可能要在 5000 伏特或以上。

8. 交流的平均值 在圖 2 的曲線上，也表示出了平均值，平均值爲最大值的 0.636。這數字在少數的計算和電機設計中要用到的，但在普通的工作中用到不多。

因爲正弦曲線形狀的關係以及熱效應和電流值的平方成比例的事實，有效值比平均值稍大，如圖 2 所示。

實際上電機所發出的電壓交變，並不是像圖內所示曲線的那麼平滑和完善，而是有些波動的；但因爲它們都具有同樣的一般形態，所以在所有交流電路計算中，都以真正的正弦曲線爲基礎。

9. 單相與多相電流 交流電路有單相、兩相、和三相的幾種型類。

所謂“相”，是指在一交流電路內所建立的各別的電壓數目，或電路內分別的交變組的數目。

圖 3 表示單相、兩相、和三相電路的三套曲線。A 處的單相曲線有相續的交變，每一交變爲 180° 。兩相電路有兩組交變，互隔 90° ；也就是說，它們開始、達到最大值、以及終了、都隔 90° 。三相電路有三組交變，互隔 120° ，如圖內 C 處所示。