

科學圖書大庫

自修電子學課程(二)

交流電子學

譯者 余成孝

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

自修電子學課程(二)

交流電子學

譯者 余成孝

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十九年二月一日初版

自修電子學課程(二)

交流電子學

基本定價 4.50

譯者 余成孝 亞洲化學公司副總工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

課程目標和大綱

當你完成本課程時你將可：

1. 解釋交流電與直流電的分別。
2. 敘述簡單交流發電機的工作。
3. 當已知交流正弦波的巔值或巔至巔值計算它的平均或有效值。
4. 當已知交流波形週期，計算它的頻率或反是。
5. 說明如何使用交流電表測量電流，電壓及功率。
6. 分析僅含電阻的簡單交流電路。
7. 敘述電容的電氣性質並說明電容器如何形成。
8. 分析僅含電容或由電容及電阻組合成的交流電路。
9. 敘述電感的電氣性質並說明電感器如何形成。
10. 分析僅含電感或由電感及電阻組成的交流電路。
11. 說明基本變壓器作用。
12. 計算理想及實際變壓器電路輸入及輸出點的電流，電壓及功率關係。
13. 分析包含電阻，電容及電感的交流電路。
14. 說明串聯及並聯諧振電路的工作。

目 錄

課程目標和大綱

第一單元 交流電

一、簡 介	1
二、單元目的	1
三、單元活動指導	2
四、交流電的重要性	2
五、交流電的產生	7
六、正弦波形	16
七、交流值	20
八、非正弦波形	27
九、摘 要	30
十、附錄A 科學符號	31
十一、測 驗	37
十二、答 案	40

第二單元 交流測量

一、簡 介	41
二、單元目的	41
三、單元活動指導	41
四、交流電表	42
五、示波器	56
六、交流電路中的電阻	62
七、實驗 1：測量交流電壓	68
八、摘 要	71
九、測 驗	72
十、答 案	73

第三單元 電容電路

一、簡 介	75
二、單元目的	75
三、單元活動指導	76
四、電容器及電容複習	76
五、交流電路中的電容器	87
六、RC 電路	93
七、實驗 2：RC 電路	104
八、電容電路應用	109
九、實驗 3：電容器應用	117
十、測 驗	120
十一、答 案	123
十二、附錄 A 直角三角形計算	125
十三、附錄 B 三角簡介	128
十四、附錄 C 三角函數表	133

第四單元 電感電路

一、簡 介	134
二、單元目的	134
三、單元活動指導	134
四、電感器及電感複習	135
五、交流電路中的電感器	145
六、RL 電路	152
七、實驗 4：RL 電路	157
八、電感電路應用	165
九、測 驗	167
十、答 案	170

第五單元 變壓器

一、簡介	171
二、單元目的	171
三、單元活動指導	171
四、變壓器作用	172
五、變壓器原理	178
六、變壓器比	180
七、變壓器損失	186
八、變壓器應用	190
九、實驗 5：變壓器特性	196
十、摘要	204
十一、測驗	205
十二、答案	207

第六單元 調諧電路

一、簡介	208
二、單元目的	208

三、單元活動指導	208
四、RLC 電路	209
五、諧振	213
六、串聯諧振	215
七、串聯諧振電路的 Q 值及波帶寬	217
八、實驗 6：串聯諧振	222
九、並聯諧振	227
十、實驗 7：並聯諧振	235
十一、LC 濾波器	238
十二、實驗 8：LC 濾波器	243
十三、摘要	255
十四、附錄 A 列線圖	255
十五、測驗	255
十六、答案	259

總測驗

名詞對照

第一單元 交流電

一、簡介

任何人如想在電子園地擔任技工，工程師或科學家，就必須熟悉交流電 (Alternating current)。任何電子業餘愛好者及實驗家或工作於電子裝備或電路的人也必須如此。

交流電 (通常用 ac 代表) 在電子學中扮演重要的角色。事實上，它的用途比直流電為廣，因為它的實用範圍比較大。交流電的應用如此廣泛，因而幾乎不可能避免用到它或至少受到它的影響。例如，每當你插上電鬚刀，烤麵包機，或電鑽插頭時，你就用到了交流電。當你打開收音機或電視機，你所聽到的聲音信號就是由交流電所產生。即使你在街上開車時，你也要受到它的影響，因為你所遵守的交通號誌以及照亮道路的街燈都要靠交流電才能工作。

在本單元中，你要學到為何交流電比直流電更有用，大多數基本型式的交流電是如何產生的。並且看看它的重要電特性。也要簡略地看看其它型式有用的交流電。

二、單元目的

當你完成此單元時，你應該可以：

1. 說明交流電與直流電的分別。
2. 說出交流電優於直流電的三個優點。
3. 舉出交流電的六種實際用途。
4. 給電磁感應的過程下定義。
5. 敘述影響感應於導線中電壓的四種因素。
6. 畫出簡單的交流發電機並說明它的工作。
7. 說明正弦波如何完成一週的變化。
8. 說明正弦波巔值與巔至巔值的分別。
9. 計算正弦波的平均值。
10. 計算正弦波的有效值。
11. 說明波形中週期與頻率的分別。
12. 辨認四種不同的交流波型。

三、單元活動指導

完成時間

- 閱讀「交流電的重要性」
- 完成複習題 1 ~ 14
- 閱讀「交流電的產生」
- 完成複習題 15 ~ 33
- 閱讀「正弦波形」
- 完成複習題 34 ~ 47
- 閱讀「交流值」
- 如有需要閱讀附錄 A
- 完成複習題 48 ~ 62
- 閱讀「非正弦波形」
- 完成複習題 63 ~ 70
- 研讀摘要
- 完成測驗
- 校對答案

四、交流電的重要性

由於它有許多需要的特性，交流電適合於許多用途。事實上各型電氣中交流電是應用最廣的一種，在商業、工業及軍事用途各方面它都是基本而重要的一個角色。

任何在電子界工作的人都必須了解交流電的基本觀念，也必須確實清楚它的優點以及各種用法。因此你要在本單元中開始學習交流電是什麼，以及如何和為什麼去使用它。這段簡短的討論將協助你確認交流電的重要性，以準備更進一步的了解。

A. 什麼是交流電

與流向一定的直流電 (Direct curret) 不一樣，交流電的流動方向成週期性的改變，換句話說，交流電先向一個方向流動，再向相反的方向流動。

圖 1-1 說明交流電與直流電的分別。圖 1-1 A 中的電阻有直流電流流過，這個電流只向一個方向流動如圖所示，這時因為加於電阻的電壓是固定不變的。這個固定電壓電源 (稱為直流電壓) 可以是個簡單的蓄電池或乾電池。直流電源與電阻形成簡單直流電路，流經這個電路的電流如圖所示只向一個方向流動，因為直流電壓源的極性 (Polarity) 保持不變。

圖 1-1 B 中表示交流電流經電阻，先向一方向流動，再向相反方向流動這是因為電源電

壓極性改變的原故。這種動作不斷重複因此電流不斷來回流動，因而電源電壓必須經常反相以產生這種交流電流。這種電源通常就簡稱為交流電壓。交流電壓電源與電阻形成一個簡單的交流電路。

要注意的是直流電通常具有穩定不變的值，因為它的電源電壓通常具有固定值。但若因

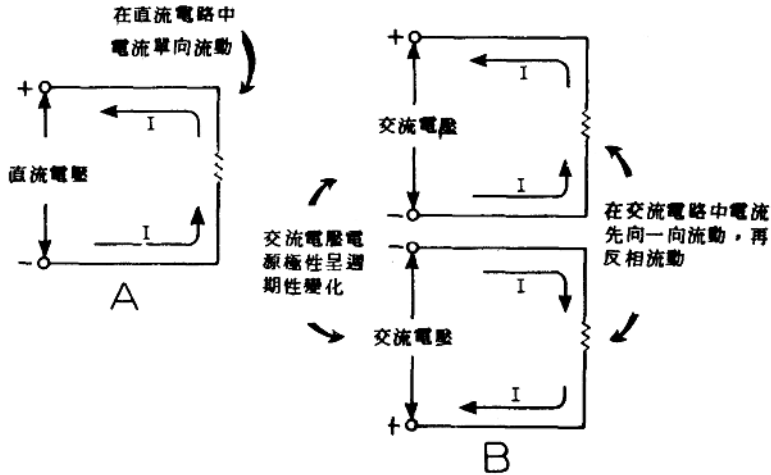


圖 1-1 直流與交流電路的電流流向

調整電壓值或電路電阻改變也會產生短暫的變化。但在大多數直流電路中所涉及的都是單向流動且穩定的電流。比較起來，交流電流通常在值與方向兩方面都改變。換句話說，交流電路中的電流先在某方向由零升至某最大值再降回至零，再在相反方向經歷相同的變化。每一方向電流升降的實際變化可以控制，因而可以產生各種不同的交流信號。實際上，使用的交流電源有許多種以適應各種用途，後面將提到其中的一部分。

B. 為什麼要用交流電

交流電壓應用廣泛是因為它具有的適應性，由於交流電的值與方向都在變化因此有可用於多種用途的特性。

例如，當某種用途需要大量電能時，交流電的產生及傳送比直流電要容易得多。對需要大量功率的用途，電池類的設備就不能使用。這時要使用稱為發電機 (Generator) 的電磁設備來產生高電壓及大電流。雖然發電機可以產生直流或交流電，但交流發電機比較簡單，構造尺寸也可以比較大，操作也比較經濟。因此產生交流電較簡單也比較便宜。

交流電可經由相當簡單稱為變壓器 (Transformer) 設備變為較高或較低的電壓，此外這種電壓升降過程中電能的損失也很小。換句話說，新電壓提供的功率與原有電壓的幾乎相同。這是個非常重要的特色在許多用途中都要利用這個優點。雖然直流電也可以升高降低

，處理過程要複雜的多價格也較高。變化過程中的電能損失相當大，因為直流電變換效率也較低。由於交流電具有本段及前述的這些優點因此非常適合需要大量電能的用途。

交流電可以很容易地轉變成直流，以用於各種直流電路及設備，雖然直流電也可以變成交流，其過程比較複雜，比較貴，效率則較低。因此當用交流作為第一電源時，要用直流時只要經過比較簡單的變換處理就可獲得。這種特色使得交流電用於電子裝備或電路時比較直流電又多了另一個優點。

前述特性及特色似乎顯示交流也有用只是因為它可以作為電源用來操作電子裝備，但並非如此。交流電也廣泛用於傳送資訊 (Information)，這是因為交流電特性可以隨需要而改變因而有載送資訊的能力。換句話說，它的波幅 (Amplitude) (每一方向的最大值) 可以改變以代表情報或資訊。即使是它的換向率也可以隨意改變而代表情報。這樣乃可將資料放進交流電流或電壓，使交流電可以載送情報。當交流電用來載送資訊時，常被稱為交流信號。交流信號在電子界廣泛應用，在電路中將資訊由一點送至另一點，然而這些信號也可以用長電線或輸送線送往遠處。

交流電又可以轉變為電磁波 (稱為無線電波) 在空間傳送，因為有交流電流通過的導體有磁場環繞，磁場則隨電流強度與方向的變化而擴張或收縮，因而使這種作用成為可能。若電流變化得夠快，磁場將向外輻射，輻射電能則隨電流而變化。這就是說交流信號 (含有資訊) 可不用電線或輸送線從一地送至另一地。這種作用直流電無法達成。

雖然直流電也可以用來傳送資訊所產生的直流訊號，但沒有交流信號的變化多，用途也就比較大。這是因為直流電波幅可以改變，但方向却不能。在大多數情況中，直流信號只是一串因中斷穩定電流或電壓值的脈波，因而由一群脈波組成的電碼 (Code) 來代表資訊。

上述各點只是為什麼要用交流電的一些理由，雖然有許多其它的因素要考慮，我們可以總結的說，交流電主要用為提供電能或由一地向另一地傳送資訊的一種方法。

C. 交流電用於何處

我們已經談過使用交流電的一些基本理由，讓我們再看一些更重要的用途。先由需要大量電力而使用交流電說起。事實上，幾乎所有家庭商業或工業用電都是交流電。這是因為它產生容易，升降也容易。

大量交流電源可在發電站用非常巨大的發電機產生，發電機則由蒸汽或水力推動的渦輪機帶動。利用下落水的發電站稱為水力電廠通常位於水壩附近，當用蒸汽發電時，需用熱源產生蒸汽，熱源可能是煤、石油、或核能。

發電站產生的交流電能由如圖 1-2 所示的方法分送出去，發電機產生的交流電壓相當高 (常在 3300 伏以上)，經由變壓器升到更高的電壓 (常高達 275,000 伏以上)。這種極高的電壓經由長距離輸送線送往各城市鄉村，在使用的當地再經變壓器降低 (例如 3300 伏) 後，經由電桿上的電線分送出去。這種相當高的電壓可以直接用於工業用的各種高壓馬達及裝備，但在家庭使用前必須再度降低為 110 或 220 伏 (Volt)。最後降壓常在電桿上的變

壓器完成。

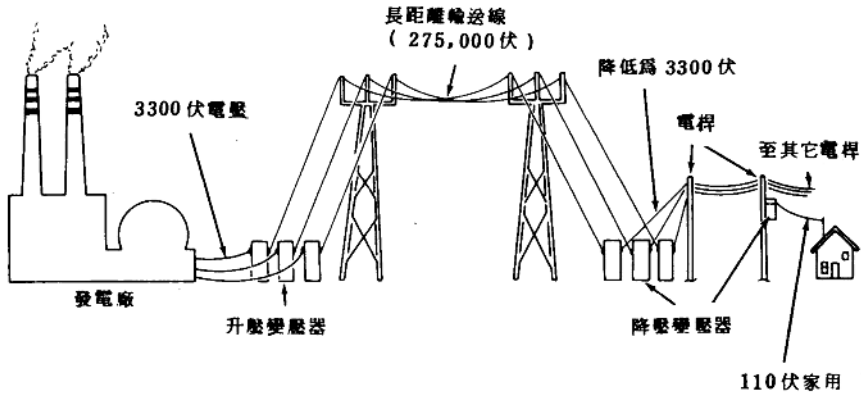


圖 1-2 典型電力分配系統

你或許會奇怪，為什麼先要把電壓升得那麼高，在使用處又要降低。理由非常簡單，這是為了在傳送時使電能在輸送線上損耗最小。當電壓高時，輸送線需要傳送的電流較小，因而減少輸送線上的熱損耗。用較低電壓較大電流也可以傳送相同的電力，但大電流在輸送線上產生較大的電能損耗。而且較大電流需要使用直徑較大重量較重的輸送線，因此使用高電壓化費較少傳送效率也較高。

當然輸送用的高電壓在實際用途中太危險，必需降低到可用的水準，但是對交流電這種過程如前所述非常容易。

在家庭裡交流電用於加熱，烹調及照明，它可用於操作如洗衣機、冰箱、吸塵器、冷氣機等家電用品，實際上你家中所有的大型電氣用具都由電力公司的 110 或 220 伏電源供應能源。

許多工業都要交流電去操作電動機以推動它們的機器。交流電動機 (AC motor) 的用途遠比直流電動機 (DC motor) 廣泛，因為它們的電源取得容易。但是交流電動機的價格也比較便宜，構造比較堅固，效率也較相當的直流電動機要高。在某些必需要用直流電動機的情況下，例如升降機及某些機器工具，也是將交流變為直流後再推動裝備。

在其它工業用途中，交流電用於加熱各種金屬，此時，快速變化的交流電流通過特殊形狀的線圈，電磁場產生的交流電流使位於線圈中的任何金屬物發熱，這種方法常用於金屬熱處理。一種相似的方法也用於醫學方面，以在人體組織內產生熱能。

沒有交流電，無線電或電視通信就不可能，這是因為聲音及畫面都是用交流信號傳送的。圖 1-3 為一典型電視廣播系統。聲音及畫面資訊由麥克風及電視攝影機各別變為電信號，這些信號加至發射機，用以改變由發射機產生的高電能交流的特性。最後這些含有聲音及畫

面資訊的高電能交流信號加至發射機天線。天線將信號變為電磁波向空中發送出去。當電視機天線攔截到這些信號時，在天線中產生與發射機天線中相同的信號，經電視機分離及處理後，變為可聽的聲音及可看的畫面。

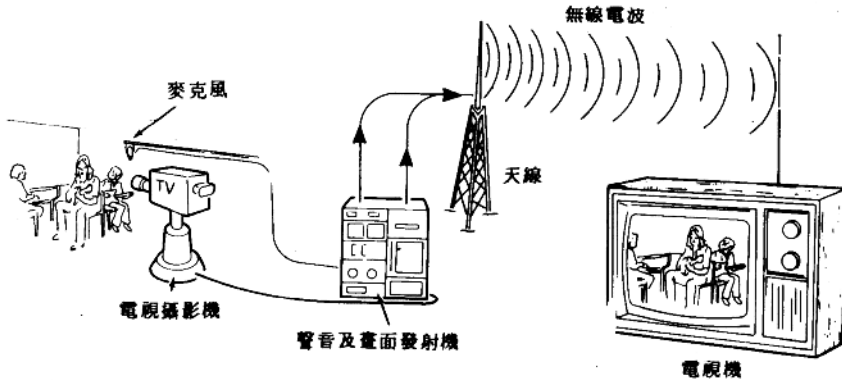


圖 1-3 典型電視廣播

交流信號在許多需將資訊由一地傳送至另一地的其它用途中也扮演着重重要的角色，例如，雷達、雙向無線電系統，調幅 (AM) 及調頻 (FM) 無線電廣播系統都要產生並傳送交流信號。長距離電話系統也要利用交流信號，只是由電線或輸送線傳送。

此外，交流信號也用於許多短距離用途，發射機與接收機相距可能僅數公尺或幾百公尺，它們包含用以控制模型飛機或汽船的無線電控制系統，電視頻道遙控選擇器，可在數公尺外為你改變收視台以及不需下車就可以打開車房門的電子車房門開啓器等。

如你所知，交流電的用途很多，事實上，在這裡不可能一一列舉，但是這段簡短的討論可以幫助你了解交流電在電子方面所扮演角色的重要性，以及它為你提供舒適，方便，甚至娛樂的一些方式。

複習題

本複習採取計劃指導的方式，以增進你對本段課程的了解每次仔細閱讀一題內容，並在空白處填入適當字句，答案在次題開始的括弧內，用張紙將閱讀題以下蓋住。

1. 交流電週期性地改變流向，換句話說，它先在一個方向流動，再在 _____ 方向流動。
2. (相反) 交流電通常改變波幅及方向，換句話說，交流電通常在一方向自零增加至某最大值，再降回至零，此後它以同樣的方式變化，只是 _____ 相反。

3. (方向) 要在電路中產生交流，必需使用極性會反相，波幅也會改變的電源，換句話說，交流電由交流 _____ 所產生。
4. (電壓) 在需要大量電能的用途方面交流電的用途遠比直流電為廣泛，這是因為產生大量交流電力遠比產生大量 _____ 電力要來得容易而且便宜。
5. (直流) 交流電壓可以很容易地升高或降低，損失也不大，這就是說，新電壓可以提供幾乎與原電壓相等的 _____。
6. (電力) 雖然交流電可能是唯一可取得的電源，如有需要仍然可以獲得直流電，這是因為將 _____ 變為 _____ 相當容易。
7. (交流、直流) 交流電也可以隨需要改變其特性以載送資訊或情報，當作此用途時，所得的交流電稱為 _____ 信號。
8. (交流) 交流電也可以經由電線，輸送線或變為無線電波傳送至遠處，無線電波行經 _____。
9. (空間) 發電站所產生並分送至各處的電力皆為交流電，產生時的電壓就相當高，但都升至更高 _____ 以送入長途輸送線。
10. (電壓) 在用電的地方，它 _____ 至較低電壓，以達到使用安全的目的。
11. (降低) 無線電台及電視台利用交流電廣播聲音及畫面資訊，這些信號傳送到各處家庭的無線電及電視機，這種交流信號是用 _____ 波的形式傳送的。
12. (電磁或無線電) 電話公司也利用交流信號，但它們的傳送是利用 _____ 線。
13. (輸送) 電力公司與無線電及電視台使用交流電代表了交流電的兩種基本用途，這兩種基本用途顯示交流可用作 _____ 來源及一種載送 _____ 的方法。
14. (電力，資訊)

五、交流電的產生

雖然交流電可以用許多種方法產生，最通用的基本方法是使用稱為交流發電機的一種電力機械設備。交流發電機產生交流電壓，後者再在接於發電機輸出的負荷（電阻、電燈等）中產生交流電流。在基本上交流發電機由在磁場（Magnetic field）中轉動的線圈產生交流電壓。導線與磁場的相對運動使導線中感應電壓，當導線與磁場的相對速度與方向改變時電壓的波幅乃產生變化，使線圈轉動的力源有多種，例如，巨大的發電機由蒸汽渦輪或水輪機推動，而小型的可以用汽油引擎作動力。

現在我們要仔細看看導體產生電壓需要那些條件，再看看在可以產生交流電的發電機中怎樣利用這些基本原理。雖然這個討論非常基本，它將可以提供你有益的背景知識。

A. 電磁感應

交流發電機能產生交流電壓，是因為它們利用了基本却重要的程序，名為「電磁感應」

。電磁感應是在通過磁場導體中感應電壓的過程。現在來仔細看看這個過程發生的條件。

產生電磁感應的必需條件如圖 1-4 所示。注意，一段短線已經放在兩磁鐵極間的磁場中。當如圖示將導線在磁場中向上移動時，它將割切磁鐵產生的磁力線（或稱磁通）。當磁力線通過導體時，導體中的自由電子被迫移動。這些自由電子將向導體一端移動使得另一端短少電子。這種一端電子過多，另一端電子過少的現象使得導體兩端各呈正（+）及負（-）電荷。如圖所示。換句話說，導體兩端產生電位差（Potential Difference）或電壓（Voltage）。

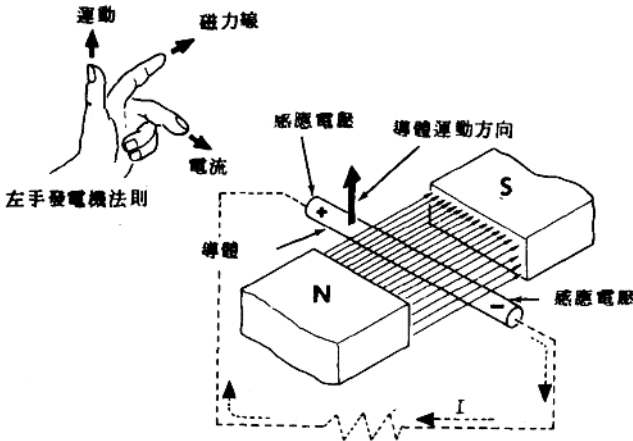


圖 1-4 導體在磁場中運動將感應電壓

圖 1-4 中導體兩端產生的電壓是由於導體與磁力線的相對運動而形成。要產生電壓就必需有相對運動，導體運動磁力線靜止或磁力線運動導體靜止都可以產生電壓，無相對運動就沒有電壓產生。

導體中所產生的電壓一般稱為感應電壓，不論導體內有無電流流動都有感應電壓產生，事實上，除非電路連成迴路，就不可能有電流不斷流通。跨導體兩端連接一負荷（例如電阻），就可以完成迴路，如圖 1-4 所示。這時電流就可以流過電阻完成循環。

運動導體中感應電壓的極性，由磁場方向及導體運動方向決定。注意圖 1-4 中導體運動方向與磁力線方向（北至南），再注意感應電壓極性及形成迴路時電流流動方向。導體運動方向或磁力線方向任何一項反向，感應電壓極性與電流方向都將反向。

可以用一個簡單的法則來決定導體中感應電壓極性或電流方向，這個法則需要使用你的左手的大姆指，食指及中指，一般稱為左手發電機法則。它的規定如圖 1-4 所示，當左手位置如圖所示，大姆指指示導體運動方向，食指則為磁力線方向，中指（向掌心作 90° 彎曲）指示感應電流方向。你若觀察圖 1-4 各手指方向，並與導體及磁力線比較，你會發現左手法則證明電流方向將如中指所示。

現在我們來看看幾個決定導體中感應電壓值的因素。首先，磁場強度影響感應電壓，磁場愈強單位面積內磁力線數目愈多，這就是說導體割切的磁力線將愈多，感應電壓自然就愈高。磁場減弱，磁力線減少，感應電壓就降低。

感應電壓又由導體運動速度決定，導體運動愈快，感應電壓愈高，這是因為運動愈快，導體在一定時間內割切磁力線數目就愈多。導體運動速度降低時，一定時間內割切磁力線數目減少，感應電壓乃降低。

磁場內的導體長度也影響感應電壓，導體愈長，感應電壓愈高。這只是因為導體愈長在磁場中運動時將割切更多磁力線。導體愈短割切磁力線愈少，感應電壓自必降低。

導體割切磁力線角度也影響感應電壓，若導體運動方向與磁場成直角，如圖 1-4 所示，感應電壓最高。但是當磁場與導體運動方向的夾角減小時，感應電壓也減小。這種關係與感應電壓的方向變化沒有關係。

導體運動方向及磁場方向關係如圖 1-5 所示。若導體（端視）由起點向正上方運動（A 向），它的方向與磁場成直角（ 90° ），這種情況下，導體單位時間內割切磁力線的數目最多，感應的電壓也最高。而且感應電壓產生的電流將由紙內向外朝着你流動（根據左手定律）。當導體反向運動時（E 向），情況亦相似，因為它仍與磁場方向成直角，因而有最大感應電壓。唯一不同的是，運動方向相反使感應電流流向紙內，而非紙外。

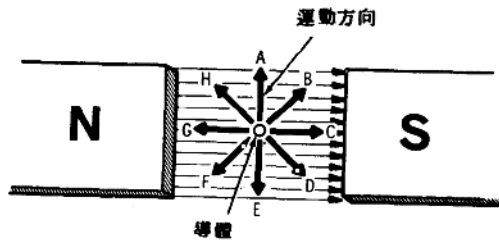


圖 1-5 感應電壓由磁力線割切速率決定

若導體以同速作 B 向運動，割切角小於 90° ，這就是說，導體在兩磁力線間行走的距離比較長，因此同一距離中割切的磁力線數目就比較少，感應電壓因此就比較低，導體 H 向運動時情況也相似，B 向與 H 向的切角相同感應電壓值也相等，而且感應電流都流向紙外。當向 D 或 F 向運動時，切角亦相同，感應電壓也相等，但是感應電流都流向紙內。

若導體向 C 或 G 方向運動，切角為零，此時導體與磁力線平行運動，故不割切磁力線，此情況下導體中沒有感應電壓，也沒有電流能流通。

由前面的討論可以作成結論，導體中感應電壓值受到以下四種因素的影響：

1. 磁場強度。
2. 導體運動速度。

3. 磁場中導體長度。

4. 導體割切磁場的角度。

雖然這四種因素有效地說出影響導體中感應電壓的各種情況，但可以用一條簡單文字敘述來包含所有的因素：

導體中感應電壓值正比於導體割切磁力線的速率。

文中的速率代表每秒所割切的磁力線數目。因此感應電壓值比例於每秒所割切的磁力線數目。每秒割切磁力線數目愈多，感應電壓愈高。反之則愈低。每秒割切的磁力線數目(速率)可藉增加磁場強度，導體運動速度，導體長度，或割切角而增多如前所述。

B. 簡單交流發電機

現在你已熟悉電磁感應及控制這個重要過程的法則，我們要看看怎樣利用這個法則製造一個簡單的交流發電機，再看看怎樣用這個發電機產生交流電壓。

1. 發電機構造——簡單的交流發電機可以用電線彎曲成環狀，再將之裝妥以在磁場內旋轉而構成。當此電線環旋轉時，就會感應交流電壓。這個感應電壓可用來使負荷如電阻，電燈或電動機工作。唯一需要的是另一個考慮，如何提供方便的方法自旋轉電線環將此感應的交流電壓取出，加到負荷上。但是你不久就可以看到，這個問題很容易解決。

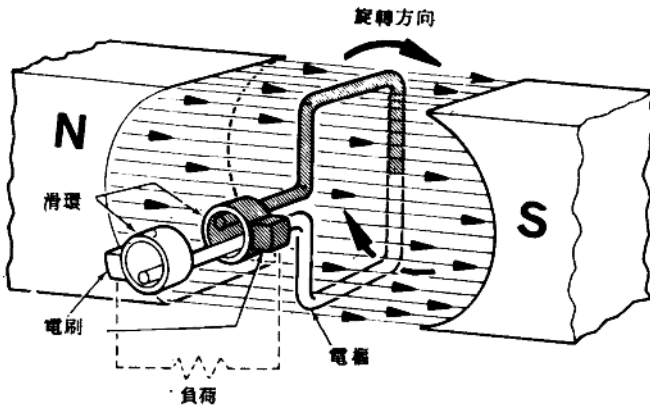


圖 1-6 基本交流發電機

圖 1-6 為一簡單交流發電機，正如前面所提過的，基本上它包含一個稱做電樞 (Armature) 的線環，它被裝在磁鐵的 N 與 S 極間的磁場中，並能旋轉。作此用途的磁鐵通常叫做磁場磁鐵，它的構造要求需能在磁極間產生強而均勻分佈的磁場。它可以用永久磁鐵或

電磁鐵，在要求有高磁場強度以便產生高電能輸出時，多選用電磁鐵。

旋轉電樞中的感應電壓必需在形成電樞的線環末端取出。但是電樞一直在旋轉，所以不可能用電線與電樞直接作固定性連接，而要利用某種滑動接觸與線環末端連接。如圖 1-6 所示，線環兩端各接有一個筒形金屬環，通常稱為滑環 (Slip Ring)。外電路或負荷經由藉壓力與滑環接觸的接點與電樞完成電的連接。這些接點通常用柔軟但導電性很高的材料做成，例如碳，稱為電刷 (Brush)。當電樞旋轉時，電刷與滑環作滑動連接，因而用作外電路與電樞連接的靜止接點。實質上，電刷用作發電機的輸出端，因為交流輸出電壓是經由它們加至負荷的。

2. 發電機作用 為求正常工作，交流發電機電樞旋轉速度必須穩定。當電樞在磁場內旋轉時，電樞兩側永遠在相反方向運動，例如，一側向下運動時，另一側必向上。又必須注意的是，電樞完成一週旋轉，每一邊必須在磁場中向上向下運動各一次。此外，電樞每邊永遠經各自的滑環與電刷相連接。記住這些情況，現在我們來看看電樞旋轉一圈中所發生的基本作用。

圖 1-7 表示電樞在一週旋轉中的四個特定位置。注意，電樞一側及相關滑環與電刷標以黑色，另側則標以白色，以便於追蹤它們的作用。又在電刷兩端接以電阻負荷以形成迴路使電流可以流通。輸出電壓可由跨接負荷的電壓表顯示。

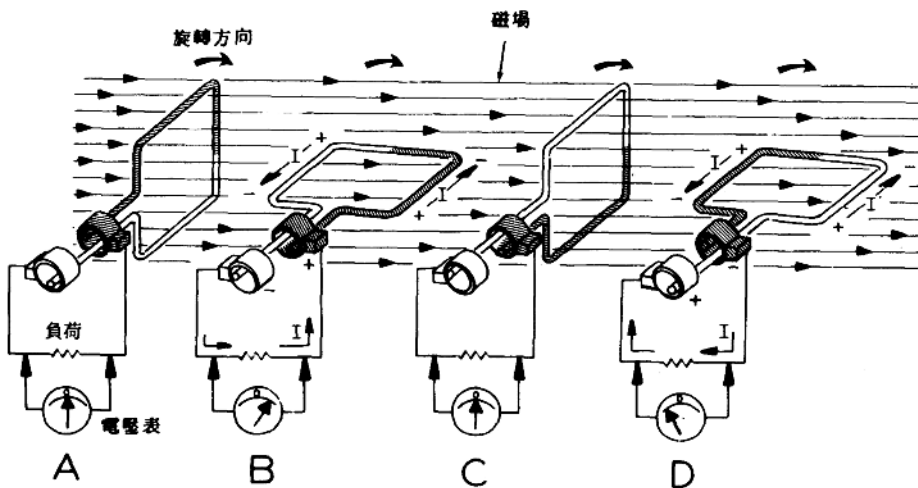


圖 1-7 產生交流電壓