

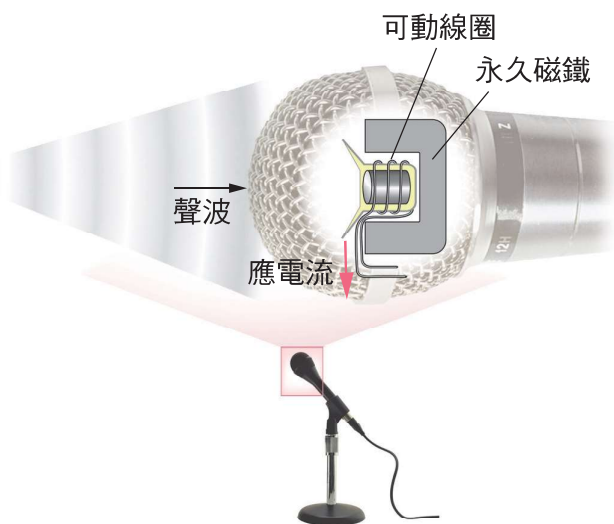
## 9-4 電磁感應現象的應用

在日常生活中，電磁感應現象的應用甚廣，以不同的技術設計可形成不同的應用產品，除了前節介紹的發電機之外，還有動圈式麥克風、變壓器、電吉他及電磁爐、金屬探測器等，茲舉數例如下。

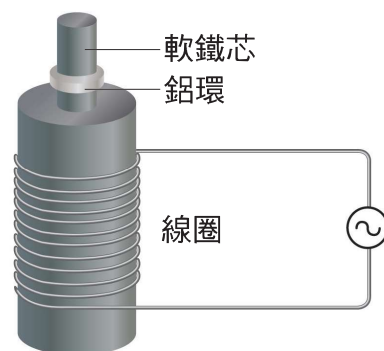
- 5 如圖 9-20 所示，動圈式麥克風內，可動線圈套在圓柱形永久磁鐵上，而前端的振動膜片則與可動線圈連結。對著麥克風講話時，聲波的壓力變化使膜片振動，則可動線圈將在永久磁鐵的磁場內振動，切割磁力線，對應於聲波產生相應頻率與強度的應電流。

此電流訊號傳送至揚聲器，則是電流磁效應的應用（如第八章所介紹），即可以使線圈連動膜片振動，發出聲音。

如圖 9-21 所示，當線圈與交流電源連接時，在線圈內產生上下變化的磁場，可以使頂端的鋁環內產生應電流。因為應電流的磁場方向與線圈的磁場方向恰相反，使鋁環被線圈的磁力推斥，可以懸浮在線圈上方。



▲ 圖 9-20 動圈式麥克風構造示意圖。



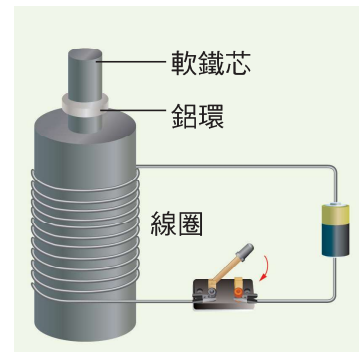
▲ 圖 9-21 線圈通有交流電時，鋁環內產生的應電流使鋁環與線圈互相排斥。



### 想一想

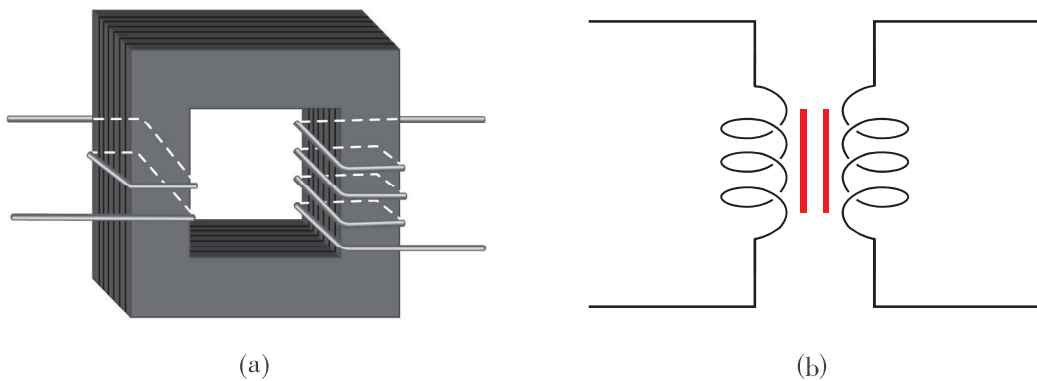
若將上述例子中的線圈連接直流電源及開關時，如圖 9-22 所示。當開關接通瞬間，為何套在軟鐵芯上的鋁環會向上彈起又再落下？

- 圖 9-22 開關接通瞬間，線圈上方的鋁環會向上彈起又再落下。



## 1. 變壓器

法拉第定律的重要應用產品，除了發電機之外，另一個就是變壓器。變壓器是一種能將電壓升高或降低的裝置，其構造和電路符號如圖 9-23 所示。兩組匝數不同的線圈纏繞在同一個軟鐵芯上，作為輸入的線圈稱為主線圈（primary coil），輸出的線圈則稱為副線圈（secondary coil）。



▲ 圖 9-23 變壓器由主線圈與副線圈所組成；(a)變壓器的構造示意圖；(b)變壓器的電路符號。

當交流電輸入主線圈時，線圈中所產生的磁場使軟鐵芯磁化，由於磁力線被限制在軟鐵芯內部並形成封閉曲線，因此通過副線圈的磁通量變化情況將會和主線圈相同。兩組線圈中每匝線圈內磁通量的時變率均

為  $\frac{\Delta \phi_B}{\Delta t}$ 。

若  $N_1$ 、 $N_2$  分別表示主線圈和副線圈的匝數，根據法拉第定律，主線圈的輸入電壓  $\mathcal{E}_1$  和副線圈的輸出電壓  $\mathcal{E}_2$  分別為

$$\mathcal{E}_1 = -N_1 \frac{\Delta \phi_B}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_2 = -N_2 \frac{\Delta \phi_B}{\Delta t}$$

5 兩式相除可得

$$\frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

9-13 式

上式表示兩線圈的電壓與其匝數成正比。由此可知，改變副線圈和主線圈的匝數比，可以改變輸出電壓和輸入電壓的比值。如果副線圈的匝數大於主線圈的匝數，可以使得輸出電壓升高，稱為升壓變壓器；反之，

10 若副線圈的匝數較少，則使得輸出電壓降低，稱為降壓變壓器。



### 想一想

將穩定直流電輸入變壓器時，可否使得電壓改變？

在使用時若變壓器沒有能量的損失，即變壓器的輸入功率  $P_1$  應等於其輸出功率  $P_2$  時，此變壓器稱為理想變壓器。假設主線圈與副線圈中的電流分別為  $I_1$  與  $I_2$ ，則  $P_1 = P_2$ ，即

$$\mathcal{E}_1 I_1 = \mathcal{E}_2 I_2$$

9-14 式

15 得

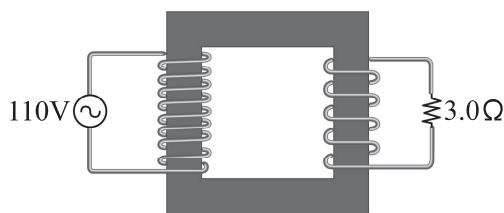
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

9-15 式

上式表示兩線圈的電流與其匝數成反比。

### ◎範例 9-5

圖 9-24 所示為一理想變壓器電路的示意圖，其主線圈匝數為  $N_1 = 4400$  匝，副線圈匝數為  $N_2 = 120$  匝。若輸入主線圈交流電的電壓為  $\mathcal{E}_1 = 110 \text{ V}$ ，而將副線圈的輸出端與  $R = 3.0 \Omega$  的電阻器連接，則



▲ 圖 9-24

5

- (1) 副線圈及主線圈上的電流各為何？
- (2) 電源輸入變壓器的供電功率為何？
- (3) 外接電阻器的耗電功率為何？

[解答] (1) 參由 (9-13) 式推知，副線圈上的輸出電壓為

10

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_1 \times \frac{N_2}{N_1} = (110 \text{ V}) \times \frac{120}{4400} = 3.0 \text{ V}$$

副線圈上的電流為

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{R} = \frac{3.0 \text{ V}}{3.0 \Omega} = 1.0 \text{ A}$$

應用 (9-15) 式可得流經主線圈的電流為

$$I_1 = I_2 \times \frac{N_2}{N_1} = (1.0 \text{ A}) \times \frac{120}{4400} = 0.027 \text{ A}$$

15

- (2) 電源輸入變壓器的供電功率應等於變壓器的輸入功率，則

$$P_1 = \mathcal{E}_1 I_1 = (110 \text{ V}) (0.027 \text{ A}) = 3.0 \text{ W}$$

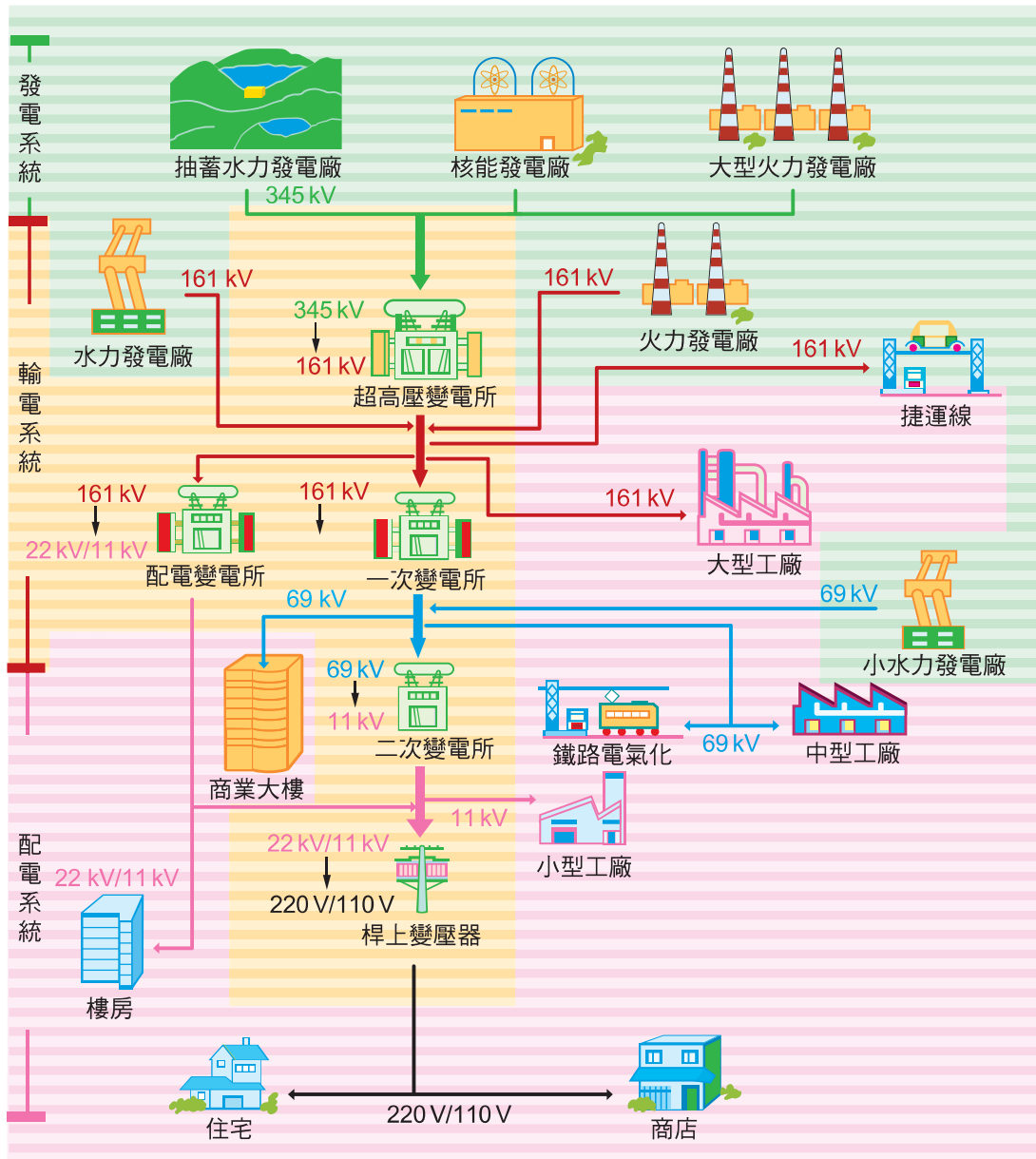
- (3) 外接電阻器的耗電功率應為

$$P_2 = \mathcal{E}_2 I_2 = (3.0 \text{ V}) (1.0 \text{ A}) = 3.0 \text{ W}$$

理想變壓器的輸入功率應等於輸出功率，即外接電阻器的耗電功率，故(2) 20  
與(3)的答案應相同。

## 2. 高壓輸電系統

以各種不同電壓的線路將發電廠、變電所與用戶聯繫成為一個電力輸配網絡，稱為電力系統，或電力網，圖 9-25 為臺灣電力公司的電力系統圖。



▲ 圖 9-25 臺灣電力公司電力系統圖

將發電廠產生的交流電升壓至 345 kV，輸出至高壓輸配線路中；在到達用戶端時，將電壓降至 161 kV，即可送至大型工廠及捷運線使用；另一部分再降壓至 69 kV，可送至中型工廠或鐵路電氣化使用；其後再降壓至 22 kV 或 11 kV，送至商業大樓及路邊變壓箱；最後降壓至 220 V 及 110 V，送至商店及住宅。

5

由(9-15)式知，流經兩線圈的電流與其電壓成反比，即升高電壓時，是電流較小，這正是發電廠將電力輸送至用戶的過程中要將電壓升高的原因。因為在長距離電力傳輸時，將電壓盡量升高，可使導線中的電流減小，如此在傳輸導線上耗損的電功率即可儘量降低。



### 想一想

由變壓器的原理可知，輸出電壓升高時，輸出電流應減小。在考慮輸出線路的耗損功率時，若使用  $P = I^2 R$  計算，可以發現電流減小，耗損功率會減小；但若使用  $P = V^2 / R$  計算時，發現電壓升高，耗損功率反而會增大。何以兩種結論彼此矛盾，到底哪一個對？問題出在哪裡？