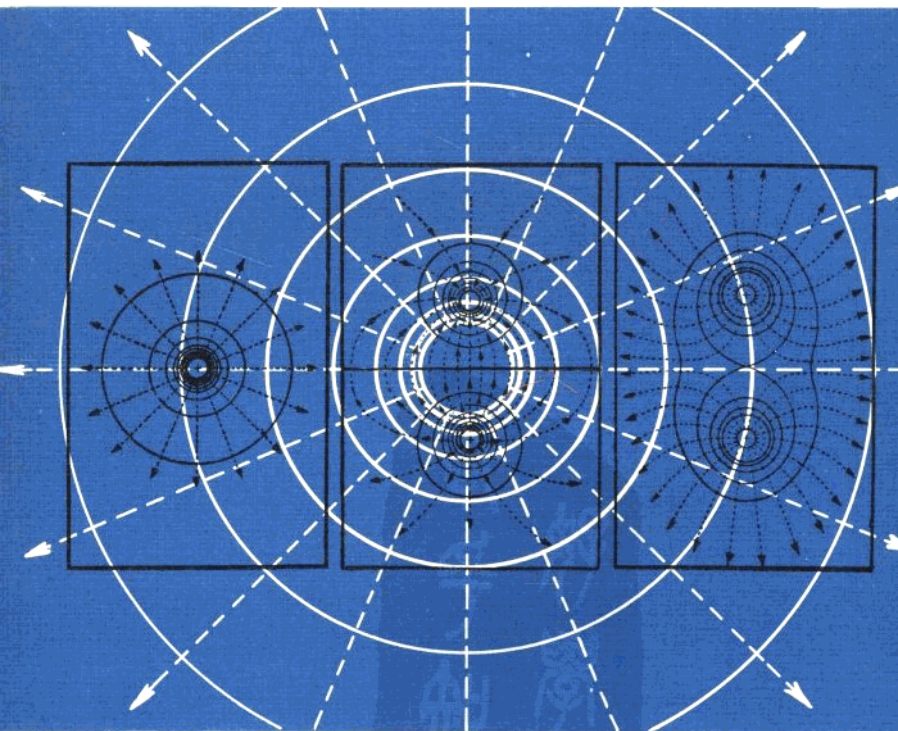


最新部訂課程標準

高工補校基本電學(下)

鄭世偉 編著



全華科技圖書公司印行

我們的宗旨：

**推展科技新知
帶動工業升級**

**為學校教科書
推陳出新**

感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

「圖書之可貴，在其量也在其質」，量指圖書內容充實，質指資料新穎夠水準，我們本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的“全華圖書”

為保護您的眼睛，本公司特別
採用不反光的米色印書紙”

編輯大意

1. 本書係參照高級工業職業學校電子設備修護科，基本電學課程標準編輯而成。
2. 本書計分上、下二冊，適合高工補校電子科教學用，上冊供第一學年上學期，下冊供第一學年下學期，每週授課兩小時用。或供初學者自習用亦可。
3. 本書編寫，力求文字淺顯，內容由淺入深，循序漸進，作有系統的介紹說明，使學者容易學習。
4. 本書插圖甚多，同時對重要觀念闡釋詳盡，每章更附整章提要整理，以利學者之學習。
5. 本書雖經悉心校訂，仍難免會有瑕疵之處，敬祈諸先進不吝指正幸甚！

目 錄

第九章 電磁效應

9-1 電磁場.....	1
9-2 安培右手定則.....	1
9-3 佛來銘左手定則.....	2
9-4 兩平行導線.....	3
9-5 單匝線圈之磁場.....	3
9-6 螺線管.....	4
9-7 電磁效應與法拉第定律.....	5
9-8 楞次定律.....	6
9-9 感應電壓與右手發電定則.....	7
9-10 自感.....	9
9-11 互感.....	11
9-12 自感與互感間之關係.....	12
9-13 磁場中所儲存的能.....	13
本章提要.....	14
習題.....	15

第十章 三角函數、複數、相量

10-1 三角函數.....	17
----------------	----

10-2 複數·····	19
10-3 複數的轉換·····	23
10-4 複數的運算·····	27
10-5 旋轉向量·····	32
10-6 複數應用於交流電路·····	34
本章提要·····	35
習題·····	36

第十一章 交流基本概念

11-1 直流與交流比較·····	37
11-2 交流電動勢之產生與正弦波·····	37
11-3 頻率及週期·····	39
11-4 弧度及角度之互換及角速度·····	44
11-5 正弦波一般式·····	46
11-6 瞬時值與最大值·····	48
11-7 平均值·····	48
11-8 有效值·····	50
11-9 波形因數及波峰因數·····	53
11-10 相位關係·····	54
本章提要·····	56
習題·····	57

第十二章 交流基本電路

12-1 純電阻之交流電路·····	58
12-2 純電感交流電路·····	63
12-3 純電容交流電路·····	66
12-4 平均功率與功率因數·····	72
12-5 阻抗向量圖·····	74

12-6 電阻電感串聯電路.....	76
12-7 電阻電容串聯電路.....	79
12-8 電阻、電感、電容串聯電路.....	81
12-9 導納相量圖.....	87
12-10 電阻、電感並聯電路.....	90
12-11 電阻、電容並聯電路.....	92
12-12 電阻、電感、電容並聯電路.....	94
12-13 R、L、C串並聯電路.....	98
12-14 等效電路.....	100
本章提要.....	103
習題.....	104

第十三章 交流網路分析

13-1 電流源與電壓源的互換.....	105
13-2 迴路電流法.....	107
13-3 重疊定理.....	110
13-4 戴維寧定理.....	114
13-5 諾頓定理.....	117
13-6 節點電壓法.....	120
13-7 Y- Δ 及 Δ -Y互換法.....	122
13-8 最大功率定理.....	125
習題.....	128

第十四章 諧 振

14-1 串聯諧振.....	130
14-2 品質因數Q.....	133
14-3 總阻抗與頻率之關係.....	134
14-4 選擇性.....	134

14-5 並聯諧振電路.....	137
本章提要.....	143
習題.....	144

第十五章 多相交流

15-1 多相交流的產生.....	145
15-2 Y型連接.....	146
15-3 Δ 型連接.....	148
本章提要.....	149
習題.....	150
附錄	



電磁效應

9-1 電磁場

當指南針靠近載有電流之導線時，指南針即自動偏轉，電流切斷後，指南針自動恢復南北指向，當電流反向時，指南針之偏轉亦為反向。若於垂直導線之平面上洒滿鐵屑，當電流通過導線時，鐵屑即以導線為軸，作許多同心環之排列。這些都證明當導線中有電流通過時，導線周圍即有環狀磁場存在，且磁場之方向與電流之方向有關，這種由電流所產生的磁場稱作電磁場。

9-2 安培右手定則

載有電流之導線周圍有磁場存在，而磁場方向與電流方向有關，我們用安培右手定則來判斷磁場方向：右手握住導線伸直大姆指，姆指所指方向代表電流方向，其餘四指即代表磁場之方向，如圖 9- 1。在圖 9- 1(a)中之中心 $\odot$ 號表示電流由紙面下垂直向上流出，磁場之方向則逆時針方向旋轉；(b)之中心 $\oplus$ 號表示電流向紙面垂直流入，磁場之方向為順時針方向。

2 基本電學（下）

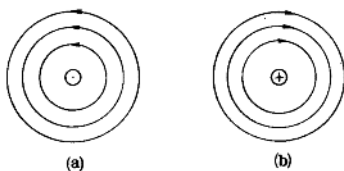


圖 9-1 環於載有電流的導線周圍之磁場

9-3 佛來銘左手定則

載流導體之周圍有磁場，若將載流導體置於另一磁場中，導體必受力，圖 9-2 (a) 分別示出未相互作用時載流導體及永久磁鐵磁力線之分佈，而圖 9-2 (b) 是將導體置於永久磁鐵中，導體上方之磁力線與永久磁鐵之磁力線相反、相互抵消，故磁力線較稀，導體下方之磁力線與永久磁鐵之磁力線相同、互相相加，故磁力線較密。故導線受向上之力。有一定則可用來判定導線受力的方向，即佛來銘左手定則：如圖 9-3 所示。



圖 9-2

受力方向



圖 9-3 佛來銘左手定則

9-4 兩平行導線

圖9-4(a)導線上之電流方向相反，兩導線內側之磁場方向相同，故磁場密度增加，由於磁場密度較大者會壓擠導線向磁場密度較小者，故二導線間有排斥力。圖9-4(b)中，導線上之電流方向相同，兩導線內側之磁場方向相反，故相互抵消，磁場密度較小，因此二導線間有吸引力。因此：導體載有同相電流時，各導體相互吸引；載有異向電流時，則相互排斥。

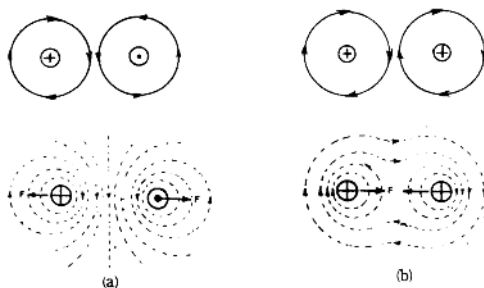


圖 9-4 兩平行導線之磁場

9-5 單匝線圈之磁場

導線繞成一圓環，並載有電流，如圖9-5所示，依安培右手定則，在



圖 9-5

4 基本電學 (F)

各部份導線周圍之磁力線方向如箭頭所示，讀者會發現環內之磁場方向均由紙面上出來，以「 $\cdot$ 」號表之。而環外之磁場方向則向紙面進入。以「 $\times$ 」號表示。如果將右手姆指伸直，其他四指沿著電流方向而環握則姆指所指之方向即為環內之磁場方向。

若電流方向和上圖方向相反時，其磁力線之情況如下圖 9-6

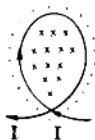


圖 9-6 單匝線圈之磁場

9-6 螺線管

將外表絕緣之導線繞在圓筒上即成螺線管。如圖 9-7 所示。因為螺線管可看成是由單匝線圈相疊而成，若通以電流 I ，則各單匝線圈內之磁場相加，線圈外之磁場亦相加，形成一連續之迴路，如圖所示。磁力線之方向可用上節所述之方法決定，將右手姆指伸直，其他四指沿電流方向而握住螺線管，則姆指所指方向即為管內之磁力線方向。螺線管所產生之磁場與永久磁鐵所產生者相似。

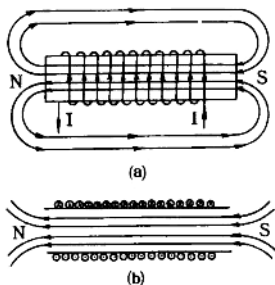


圖 9-7 螺線管

9-7 電磁感應與法拉第定律

法拉第在一導線迴路上連接一電流計G，將一永久磁鐵之N極移向線圈時，有一電流在線圈上產生，如圖9-8(a)所示。若線圈與磁鐵間無相對運動，則無電流產生。磁鐵與線圈間相互運動愈快，電流愈大。

另一實驗如圖9-8(b)所示。當開關S關上之一瞬間，G得一偏轉，表示有電流通。但電流存在短時間後，便立即消失。當開關S打開後，G再得一偏轉，但方向與前次相反。

由上面兩種實驗，得一結論，一導體產生磁場變化時，在另一導體上感應出電場、電流、電動勢。這種由電的變化而感應生磁，以及由磁的變化感應生電，稱為電磁感應。

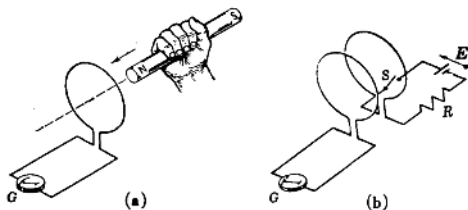


圖 9-8 法拉第實驗 (a)當磁棒對線圈運動時，電流計發生偏轉。(b)當開關S閉合或啓開時，電流計暫時偏轉。

法拉第綜合上述，作成結論，是為法拉第定律：若一導體在磁力線會隨時間而變化之磁場中，導體兩端即產生「感應電動勢」，其大小與磁力線隨時間的變化率成正比。數學式表之如下：

$$e = \frac{N \times \Delta \phi}{\Delta t}$$

式中：e：「感應電動勢」或稱「感應電壓」，單位為伏特。

N：若導線線圈之圈數。

Δt ：時間的變化量。

6 基本電學（下）

$\Delta\phi$ ：磁力線變化量，單位為「韋伯（M.K.S.）」。若使用C.G.S制單位—「馬克士威」，上式改變如下，其餘各量單位不變。

$$e = \frac{N\Delta\phi}{\Delta t} \times 10^{-8}$$

〔例1〕

有一200圈的線圈置於某磁場中，該磁場在一秒鐘之內，磁力線數目由 4×10^6 馬克士威降至 2×10^6 馬克士威，試求此線圈兩端所產生之感應電壓若干？

〔解〕

將已知數據代入式中

$$e = \frac{200 \times [(4 \times 10^6) - (2 \times 10^6)]}{1} \times 10^{-8}$$
$$= 4 \text{ 伏特}$$

〔例2〕

若螺線管通以電流時有 3×10^3 馬的磁通量通過線圈，若將電流切斷其磁場在 10^{-2} 秒內完全消失，求線圈上之感應電動勢。（ $N=10$ ）

〔解〕

磁場在 10^{-2} 秒內完全消失，則 $\Delta t = 10^{-2}$ 秒，在此期間內之磁通變化量為 $\Delta\phi = 3 \times 10^3$ 馬，故感應電動勢為

$$e = N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \times 10^{-8} = 10 \cdot \frac{3 \times 10^3}{10^{-2}} \times 10^{-8}$$
$$= 3 \times 10^{-2} \text{ 伏特}$$

9-8 楞次定律

若將一導線繞成一螺線管型，且兩端接一電流計，如圖9-9水平放置，一磁鐵之N極自上迅速插入線圈中，此線圈即感應一電動勢而產生電流，使電流計偏轉，同時線圈上端呈北極，阻止此磁鐵向下運動。



圖 9-9 感應電流之方向

亦即感應電流所生之磁場恒反抗外加磁場之變更。楞次在 1834 年首先發現這種現象。楞次定律謂：在電磁感應中，感應電動勢恒有一方向，使所生之電流反抗原有磁場的任何變化。

〔例 3〕

若圖 9-10 中，磁鐵以 S 極向下靠近，試問線圈中感應電流之方向？

〔解〕

線圈感應之電流應使螺線管之上端之磁場為 S 極，利用右手定則，可判定電流方向如圖，箭頭所示。

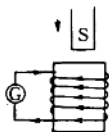


圖 9-10

9-9 感應電壓與右手發電定則

在圖 9-11 中，若導線在磁場中上、下運動，導體將與磁力線相切，由于切割磁力線，導體即有感應電壓，若導線保持靜止，磁鐵上下移動，導線亦有感應電壓產生。但若導體或磁鐵左右運動，導體無感應電壓。

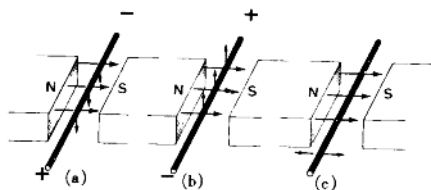


圖 9-11 (a)當導線向下移動時，感應電壓極性如圖所示；(b)當導線向上移動時，感應電壓極性與(a)者相反；(c)若導線平行於磁場方向移動時，則不產生感應電壓。

感應電壓之大小，與磁場的磁通密度、導線的長度、導線移動的速度以及導線移動的方向與磁場方向的夾角成正比。其數學式為

$$e = B \ell v \sin \theta$$

式中：

e ：感應電壓，單位「伏特」。

B ：磁場之磁通密度，單位為「韋伯／平方米」。

ℓ ：包含於磁場中的導線長度。單位為「米」。

v ：導線移動之速度，單位為「米／秒」。

θ ：表示導線移動方向與磁場方向之夾角。

感應電壓之極性與磁場方向，導線移動方向，與導線中電流方向間，有著一定關係，可用「右手發電定則」來判斷之。如圖 9-12 所示。



圖 9-12 佛來銘右手定則

9-10 自感

如圖 9-13 所示，為一 N 匝的線圈、電壓電源、可變電阻器之串聯電路，由於電流流經線圈時，則在線圈中建立磁場，有穩定不變的磁力線交鏈於該線圈而循環著。

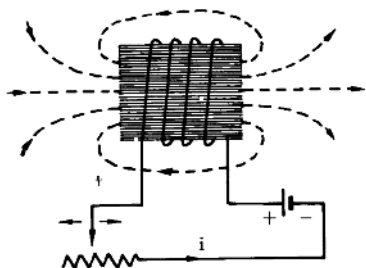


圖 9-13

若我們調整可變電阻器的轉臂時，整個電路中電流發生變化，導致線圈中所產生之磁力線亦跟著改變，該線圈上必產生一感應電壓，而該感應電壓所導生的感應電流則建立一磁場來「反對」原磁場的任何變化。線圈反對其中電流變化的能力，即為該線圈的「自感」或稱為「電感量」，以英文字「 L 」表之，單位為「亨利」。

據上述，電感量之數學式為

$$L = N \frac{\Delta \phi}{\Delta i}$$

式中：

N ：線圈之匝數

$\Delta \phi$ ：磁力線之變化量，單位為「韋伯」，若用 CGS 制時 $\Delta \phi$ 之單位為「馬克士威」，則

$$L = N \frac{\Delta \phi}{\Delta i} \times 10^{-8}$$

Δi ：線圈中電流變化量，單位為安培。

L ：線圈之電感量，單位為「亨利」。

前面法拉第定律中

$$\begin{aligned} e &= N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \\ &= N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \times \frac{\Delta i}{\Delta i} = N \frac{\Delta \phi}{\Delta i} \times \frac{\Delta i}{\Delta t} \\ &= L \frac{\Delta i}{\Delta t} \end{aligned}$$

〔例 1〕

某線圈中電流每 0.01 秒有 2 安培之變化量，則在此線圈兩端產生 100 伏特的感應電壓，試求該線圈之電感量為若干？

〔解〕

$$e = L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

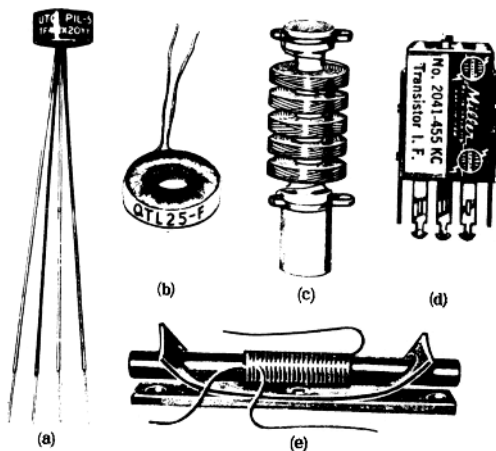


圖 9-14 (a)、(b)、(c) 為固定電感器；(d)、(e) 為可變電感應