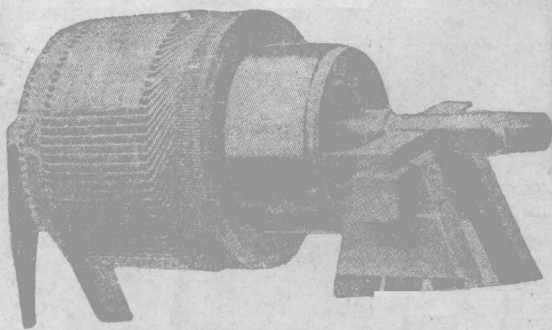


自然科學小叢書

感應及真空放電

三枝彥雄著
周 斌 譯



商務印書館發行

自然科學小叢書

應蘇工業學院圖書館

三枝彥雄著
藏書章

商務印書館發行

自然科學
小叢書
感應及真空放電

(550-10)

原著者	周三枝	譯述者	商務印書館	發行所	商務印書館
印刷者	商務印書館	發行所	商務印書館	發行所	商務印書館
發行所	商務印書館	發行所	商務印書館	發行所	商務印書館

★版權所有★

1939年1月初版
1950年11月再版
基價 5.5元

目次

第一章 感應

一 應電流

二 自感應及互感應

三 感應器

四 電學機械

第二章 電磁振動

一 電磁振動

二 電磁波

三 無線電報

四 無線電話

第三章 真空放電.....一〇三

一 氣體內之放電.....一〇三

二 陰極射線.....一〇五

三 陽極射線.....一一〇

四 X射線.....一一四

感應及眞空放電

第一章 感應

一 應電流

導體中如有電流流過，則其周圍之空間即發生一種特殊作用，有使磁針改變其方向之性質，此種空間通稱之爲磁場 (magnetic field)。換言之，電流與磁場之間，有一種極密切之關係存在。反而推之，如變更磁場之強度，則在其中之導體中必將有電流表現而出。此項電流通稱之爲應電流 (induced current)，即應磁場之變化而生之電流也。合稱此正反兩方面之關係，曰電磁感應 (electromagnetic induction)，關於此現象之定律，首由法拉第 (Michel Faraday) 發見，繼經楞次 (Lenz) 加以研究，至一八四五年更經諾伊曼 (Neumann) 由數學上爲之導出。

(1) 法拉第定律

一八三一年法拉第在磁場內使導體移動，因此變更電路 (circuit) 中包含之磁力線數 (number of magnetic line of force)，結果遂發見電路中有電流流過。並證明發生此項電流之電動勢，與電路中包含之磁力線數之變化率成爲正比例。法拉第最初使用之實驗方法，如第一圖所示， AB 與 CD 爲兩條平行導線， AB 與電池連結， CD 則與一電流計 (galvanometer) 連結。此導線 AB 稱爲原線圈 (primary coil)，而 CD 則曰副線圈 (secondary coil)。如令原線圈之電路接通 (to make)，則電流即由其中流過，即在一瞬時，副線圈電路內，示有瞬時電流流過，致令其電路中之電流計之指針，發生偏轉 (deflection)。並由指針偏轉之方向，決定在副線圈中發生之瞬時電流，方向恰與在原線圈中流過之電流方向正相反對。如將原線圈中之電流截斷 (to break)，則副線圈中亦有瞬時電流流過，其方向恰與原線圈中之電流方

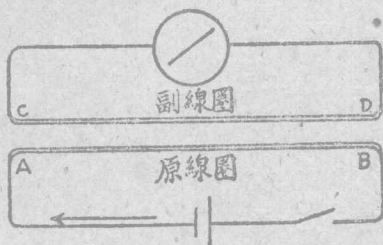


圖 一 第

向相同。此種瞬時電流，即應電流。法拉第因此斷定一電路中之磁力線數如有變更，即發生一種電動勢，如響斯應，並知電動勢之大小與力線變更率成爲正比例。又原線圈中開始有電流流過之一瞬間，以及中途使電流強度增加之一瞬間，均可在副線圈中發生應電流，此時之應電流之方向，均與原線圈中之電流方向相反。反之，如將原線圈中之電流停止，或令其強度減弱，均可在副線圈中勵發應電流，此時之應電流之方向，均與原線圈中之電流方向相同。

設用兩個線圈 (coil)，一大一小，用較小之線圈爲原線圈，較大之線圈爲副線圈，原線圈電路中串聯有一電池及一電鑰 (key)，副線圈電路中串聯一電流計。令原線圈與副線圈或即或離，即無異使原線圈中之電流或增或減。因即則力線數增，離則力線數減故也。

如用一條形磁石 (bar magnet) 代替上述之原線圈作實驗，亦得同一之結果。

(2) 楞次定律

使原線圈與副線圈或即或離，即可勵發應電流，此項應電流之能 (energy)，必有所出，其來源即爲原線圈之動能 (kinetic energy)。當原線圈與副線圈接近時，兩者之間必有一種斥力

(repulsion) 作用。今既反抗此種斥力作用而令兩者接近，必須有相當之功 (work)，所耗費之功即表現成爲副線圈中應電流。此時副線圈中之電流方向其所以與原線圈中之電流方向相反者，正欲對於原線圈表現出其推斥作用也。其次再就原線圈與副線圈離開時之情形論之，此時二者之間，必有引力 (attraction) 作用。今既反抗此種引力而令原線圈遠離，必須作相當之功，其所消費之功，即表現成爲副線圈中之應電流，故此時應電流之方向，必須與原線圈中之電流相反，方能發生離開時之引力。楞次即由此着想而得一定律，曰：應電流所發生之方向，在阻止原線圈之運動。

(3) 應電動勢

根據法拉第及楞次之定律，諾伊曼求得電磁感應所發生之應電動勢 (induced electromotive force)，其法如下所述。先用一矩形導線，如第二圖所示，其中有一條導線 AB ，可以自由在其上滑動。因其滑動，致令此電路中所包含之磁力變化。假設有一均勻磁場 (uniform magnetic field)，在

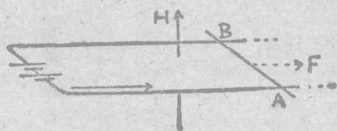


圖 二 第

圖中箭頭所示之方向上作用，即其方向恰與導線電路之平面垂直，如 H 。令 $\triangle B$ 沿 F 方向滑動，此時所作之功，等於 AB 所橫截而過之力線數與電流強度之乘積。一方面電路中既有電流流過，即有焦耳熱 (Joule's heat) 發生。兩者之和，即所作之功與消費之焦耳熱之和，均須取給於電路中之電池。如命 dt 表滑動 AB 之時間， dN 表 AB 所橫掃而過之磁力線數， i 表電流之強度， R 表電路之中電阻 (resistance)， E 表電動勢，則在時間 dt 之中，由電池供給之能量應為 $Eidt$ 。故得其關係為

$$Eidt = i^2 R dt + i dN$$

上式右端第一項所表者為發生焦耳熱所消耗之能量，第二項所表者為滑動 AB 所要之功。以 $i dt$ 除之，則得：

$$E - iR = \frac{dN}{dt}$$

據歐姆定律 iR 表電池之電動勢與因 AB 滑動而生之電動勢 e 之和，即 $iR = E + e$ ，代入上式之中，即得

$$\epsilon = - \frac{dN}{dt}$$

換言之，即滑動 AB 而生之電動勢等於單位時間內磁力線之變化率。式中右端有一負號，表示應電動勢恆與引起磁力線變化之電動勢之方向相反。故若使 AB 之滑動方向，與前相反，即使電路

中所包含之磁力線數增加時，所引起之應電流之方向，亦與前相反。又或移動 AB 之結果，致令電路中之磁力線減少時，則應電流所發生之方向，在於增加電路中所包含之磁力線數。換言之，應電動勢之發生，應電流之流過，在於使電路內磁力線數保持一定之值之方向上。表示磁場方向，導體運動方向，以及由此發生之應電動勢之方向三者之間，有一種簡單方法，為之指示，是為佛來銘之右手定則 (Fleming's right-handed rule)。其法如第三圖所示，將右手之拇指，食指及中指伸直，並令三者互相垂直，以食指指示磁場方向，以拇指指示導體移動

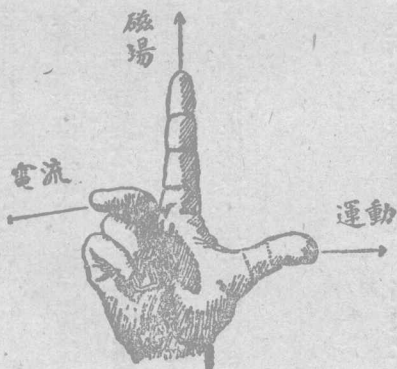


圖 三 第

之方向，則中指即指出應電流之方向。

應電流之強度與導體 AB 之長度，及其滑動之速度，均成爲正比例。故應電動勢 ϵ 與導體 AB 之長度 l ，及其速度 v ，及磁場強度 H 等之乘積相等，但方向則既如前所述相反，故應冠以負號，用算式表之，則成爲

$$\epsilon = -lvH$$

長度 l 之單位用厘米，速度 v 之單位用每秒厘米， H 則用絕對單位，結果所得之電動勢 ϵ 之單位，亦爲絕對單位，以 10^8 除之，即得實用單位，即伏特數。

又如發生應電流之電路爲線圈時，並對於線圈中每一匝之導線，均可發生同樣之電動勢，故若線圈中共含有 n 匝，則其體之電動勢，即等於每一匝之電動勢之 n 倍。

(4) 法拉第板及佛科電流

在磁場中使一導體轉動，即可得一強度不變之電流，是爲最初發明之定常電流發生器，導體爲一圓板，由法拉第最初發見，故名爲法拉第板 (Faraday disc)，如第四圖所示，磁場用蹄形磁石

造成，導體爲一圓形銅板，放在蹄形磁石之間，銅板在其軸線周圍轉動，軸線上及圓周上各有一刷（brush），用彈條使其緊接，然後連結至一電流計上。銅板以一定速度轉動時，電流計上之指針，亦發生一定之偏向，表示有一定之電流從其中流過。此時兩刷之間之部分，成爲在磁場內運動之導體，而導體之轉動方向，恰與磁場垂直，故由此引起一種電動勢，與其轉動速度，磁場強度，及圓板半徑之乘積爲正比例。其方向則如圖中箭頭所示，係從中心流向圓周。如命 r 表圓板之半徑， n 表每秒間之轉動次數， A 表圓板之面積， H 表磁場強度，則法拉第板上所引起之電動勢，當等於 $n + A \times H$ ，再以 10^8 除之，即得伏特數。

再令銅板放在水平位置上，如第五圖所示，再在其上放一條形磁石，令其與銅板之間隔少許之距離，銅板轉動時，磁石即向圓板轉動之方向偏轉，圓板之轉動愈速，偏轉亦愈大。此項偏轉發生之原因，實由於

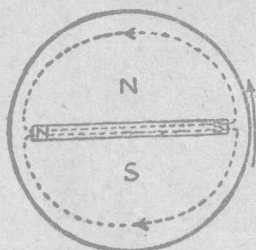


圖 五 第

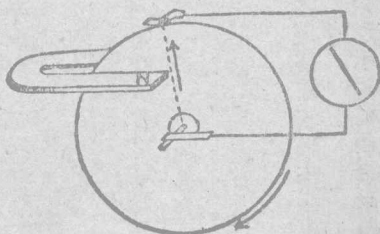


圖 四 第

在圓板內有應電流發生，電流所流過之方向，如圖中點數所示。分作左右兩方流去，造成磁極，因此使磁石發生偏轉。即圓板之一半成爲 N 極，他一半成爲 S 極，如是之應電流，通稱爲佛科電流 (Foucault current)，係一八二四年阿拉古 (Arago) 所發見者。在銅板內發生此種電流，結果均成爲熱消耗而去，因此銅板轉動歷時愈久愈熱。此種現象可應用以防電流計指針之異常振動。法在電流計之振動部分之下方，吊一小磁石，周圍用金屬圍住，電流計振動時，小磁石周圍之金屬中，即有佛科電流發生，因此可以防止振動部分，不致發生異常振動。

二 自感應及互感應

(1) 自感應

據法拉第之實驗，送電流於一電路中，當其強度尚未達到定值之時，電路中之磁場變化不已，因此引起應電流附加於送入電流之中。因此項附加電流之方向，與原送入之電流方向相反，故其附加結果，無異乎將原送入之電流減弱。其次又當停止電流之時，亦同樣有應電流發生，但此時之

應電流之方向，則與原送入者方向相同，故附加之結果，在使原送入之電流增強。此種現象，通稱為自感應 (self-induction)。由此可知凡有電池之電路中，當最初通電之一瞬間，電流不能立即達到其定值。同樣當電流最初停止之一瞬間，亦決不能立即減而為零。用實驗檢查此項自感應現象之方法，如第六圖所示。用一線圈 AB ，與電流計 G 及電池並聯。如將電池一方之電路接通，令電流流過，則電流計中之指針即由 cd 之位置移到 ab 位置。其次將電流停止，即見指針不但不立即回轉原位，並且更超過 cd 之位置，略增其偏轉。此即表示電池電路初斷之一瞬間，由自感應發生之應電流，加入其中所致。

又如第七圖所示，如電池電路開始接通之一極短時間中之電流強度變化之狀況，最初因受自感應影響，不能立即達到最大值，其橫軸表示時間，每一單位表示百分之一秒。縱軸則表電流強度，其單位為安培。如電路中之電阻為五歐姆，則可得五伏特之電壓，其自感係數 (self-induction

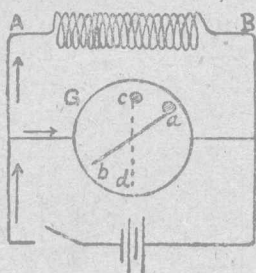
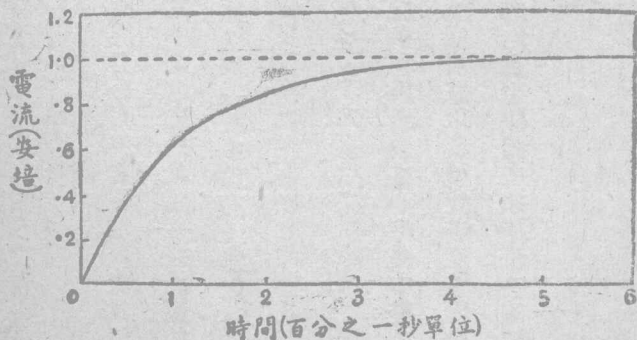


圖 六 第

coefficient) 則爲二十分之一亨利 (henry)。自初通之一瞬間起，至達到定常值之一安培爲止，共歷百分之一秒之久。自感應係數愈大，則其所須到達定常值之時間亦愈久。所謂自感應係數，係在電路中使其發生一絕對單位之電流所要之全磁力線數，亦即單位時間位電流之變化除自感應電動勢而得之絕對值。至其單位所用之亨利，則爲實用單位，係電流每秒間發生一安培之變化時，對於原有之電動勢有一伏特之反對電動勢時之自感應係數。

(2) 互感應

設有兩線圈，相互位置成爲一定之時，在原線圈中有電流流過，在副線圈中即有感應作用發生，此種感應作用，有一定之數種，與原線圈中流過之電流強度無關。但如線圈中有



鐵心 (iron core) 時，互感應爲之增大，即因電流強度不同而有變化。其原因係通過副線圈中之力線數，因有鐵心存在，故不能與電流成爲一定之比例所致。

今假定兩線圈均在共同軸線之位置，以在內之一線圈爲原線圈，命 l 表其長度， S 表其截面積， n_2 表每長一厘米之匝數 (number of turns)， i_2 表通入其中之電流。如此可知通過原線圈中之力線數爲 $4\pi n_2 i_2 S$ 。再令 n_1 表在外之副線圈上之總匝數，則其上每一匝中均有上述之 $4\pi n_2 i_2 S$ 條力線通過。故副線圈中全體共應有 $4\pi n_1 n_2 i_2 S$ 條力線通過。如以電流強度 i_1 除之，即得此兩線圈間之互感應係數 (coefficient of mutual induction)，通常以 M 表之，即 $M = 4\pi n_1 n_2 i_2 S$ 。此式所得者爲絕對值，如改用實用單位，當再以 10^9 除之，所得者即爲亨利數。至於在副線圈中發生之應電動勢，等於原線圈中電流在單位時間內之變化與 M 之乘積，但須冠以負號，故若原線圈中一秒間中有一安培之電流流過時，並且原線圈造成之磁力線全部均由副線圈中通過時，在副線圈中勵發出來之應電動勢爲一伏特，此時之互感應係數爲一亨利。

(3) 感應係數之測定