

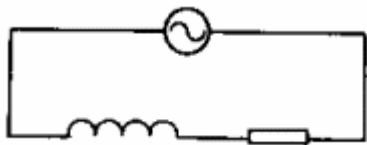
問題：電感器(inductor) 的電壓與電流的關係是 $V = -L \frac{dI}{dt}$, 或是 $V = L \frac{dI}{dt}$?

以下是 Duncan's Advanced Physics 中有關純電感器 (pure inductor)電壓的一段文字

If the inductor has negligible resistance, then at every instant the applied p.d. must be nearly equal and opposite to the back e.m.f. The applied p.d. acts on the coil whilst the e.m.f. acts back upon the source, just like two forces acting on different bodies. (Advanced Physics Vol II 3rd edition, Tom Duncan, P.346)

這段文字是這樣來的。

一個電感器和一個電阻串聯，並接駁一交流電源。



$$\Sigma \text{ emf} = IR$$

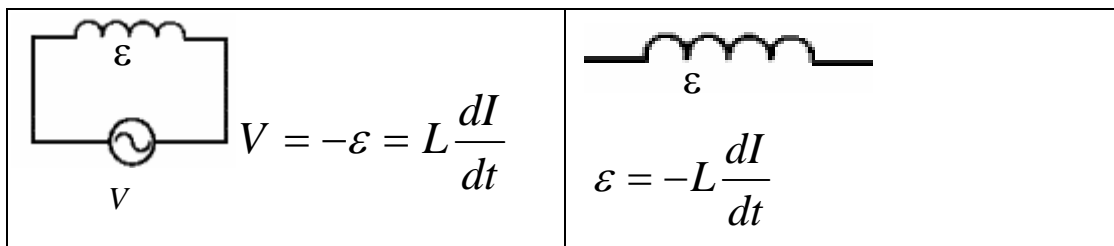
Emf's 包括了電源電壓 V 和電感器的感生電動勢 (induced emf) $-L \frac{dI}{dt}$ 。

$$V - L \frac{dI}{dt} = IR$$

把 $-L \frac{dI}{dt}$ 從左方移去右方，即是 $V = IR + L \frac{dI}{dt}$ 。

若 $R = 0$ 、電感器沒有內阻， $V = L \frac{dI}{dt}$ 或 $V = -(-L \frac{dI}{dt})$ ，

那就是 “the applied p.d. must be equal and opposite to the back e.m.f.” 說法沒有錯，但當初學者比較以上情況和單一個電感器時，問題還是存在。

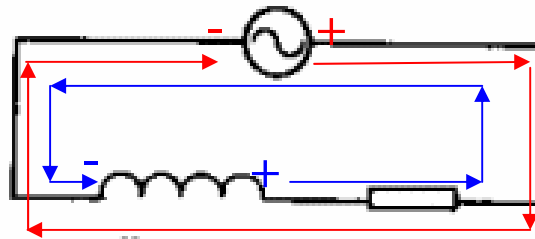


電源 V 和電感器 ϵ 的左、右正負極性必然在甚麼時候都是相同的，但為何

$$V = L \frac{dI}{dt}、\epsilon = -L \frac{dI}{dt} ?$$

在數式上，是把 $-L \frac{dI}{dt}$ 從左方移去右方，所以沒有了負號，但在概念上，始終是不易明白。本文目的是弄清楚箇中概念。

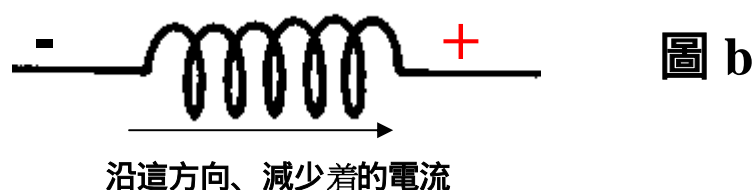
1. “The applied p.d. must be equal and opposite to the back e.m.f.” 用更容易明白的說法是 『applied p.d. 和 back emf 在電路的 **電場 (electric field) 方向相反，或更簡單的說，這兩個電壓所各自引起的電流 (current) 相反**』。電路的總電場或總電流如何，就是由這兩個電場決定。



2. $\epsilon = -L \frac{dI}{dt}$ 是描述電感器產生的電動勢 (emf)；而 $V = L \frac{dI}{dt}$ 是描述外電源在電感器的那份電勢差 (p.d.)。

3. 不論是 EMF，或是 p.d.，我們只是說電感器兩端的電壓 (voltage) V ，究竟是哪一係式？答案是兩式皆可以，不過須依不同的準則來定正負。

無論甚麼式，所反映的都是電感器兩端的電壓和流過它的電流關係，這是下圖的情況。



如何用數式去描述以上情況？

(i)

用 $V = -L \frac{dI}{dt}$ 可以。

這是電感器的電動勢 (emf) ，電流在器件中是由低電位「泵」上高電位。即是說在電感器出電的哪一端是正極 (類似電池)。但若計算後，得出 V 是負，即是和「出電的哪一端是正極」的說法相反。

上圖 (a), $-\frac{dI}{dt} < 0$, 所以出電的哪一端是負極。

上圖 (b), $-\frac{dI}{dt} > 0$, 所以出電的哪一端是正極。

(ii)

用 $V = L \frac{dI}{dt}$ 也可以。

這是外電源給予電感器的電勢差(p.d.)。因為是 p.d. ，電流經過這器件時，電勢會下降。即是電流流入的那一端是正 (類似電阻) 。但若計算後，得 V 是負，即是和「入電的哪一端是正極」的說法相反。

上圖 (a), $\frac{dI}{dt} > 0$, 電流流入的一方是正，與電阻的情況相同。

上圖 (b), $\frac{dI}{dt} < 0$, 電流流入的一方是負才對。

4.

簡單直接說，若把電感器看作如電阻般東西， $V = L \frac{dI}{dt}$ ；但若電感器看作

如電池般東西 $V = -L \frac{dI}{dt}$ 。

在電路分析，Kirchoff's second law

$$\Sigma \text{ emf's} = \Sigma \text{ p.d.'s}$$

寫 $V_L = -L \frac{dI}{dt}$ ，就加在左方；寫 $V_L = L \frac{dI}{dt}$ ，就加在右方。

5.

在研究 RL、LRC 等電路時，我們用 $V_L = L \frac{dI}{dt}$ 。

因為那時我們研究電源 V 連接 L , R 和 C 時，

$$V_R + V_C + V_L = V \text{ 中的 } V_R, V_C, V_L \text{ 各是甚麼？}$$

即是外電源分配給各器件的 p.d. 各為何？是 p.d.，不是 emf。

換句話說，我們把 L 、 R 和 C 都看作是性質相同的器件，都是「用電」的。

結語：

我們問：「電感器兩端的電壓和流過它的電流有甚麼關係？」

若以電動勢而言，它是 $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$ ，在線路上，我們需把電感器視為一個

seat of emf。

若以電勢差而言，它是 $V = L \frac{dI}{dt}$ ，那時，在線路上我們把感器視為一

個 dissipative element。

在 LRC 電路中， R 和 C 是「用電」的，為求地位對等，我們也要把 inductor 從「發電」的角色轉為「用電」的角色。

鳴謝：

多謝我的一位舊同事張老師，是他先帶出這個問題，讓我們熱烈討論了一個下午。但文章中的論點若有偏差和錯誤，責任仍由本人負責。